

REVIZIJA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

VRSTA IN LOKACIJA
OBJEKTA:

BRV ČEZ SOČO v Solkanu

INVESTITOR:

MESTNA OBČINA NOVA GORICA.
Trg Edvarda Kardelja 1
5000 Nova Gorica

PROJEKTANT:

STOLP, d.o.o.
Prvomajska ulica 37, 5000 Nova Gorica

VRSTA PROJEKTNE
DOKUMENTACIJE:

PGD

ŠTEVILKA PROJEKTA:

03/12-06

DATUM IZDELAVE PROJEKTA:

Februar 2013

ODGOVORNI VODJA PROJEKTA:
ODGOVORNI PROJEKTANT:

Aleš Šuligoj, univ.dipl.inž.arh.
Bojan Lojk, univ.dipl.inž.grad.

ODGOVORNI REVIDENT:

mag. Miran Lozej, univ.dipl.inž.grad.

mag. MIRAN LOZEJ
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-0378

Osebni žig in podpis:



DATUM REVIZIJE:

18.12.2015

ŠTEVILKA REVIZIJE:

št. 400-50/15

S P I T

gradbeni inženiring d.o.o. Nova Gorica
Vojkova cesta 19, 5250 Solkan

1.0 UVODNE UGOTOVITVE

Po naročilu investitorja Mestne občine Nova Gorica smo v novembru in decembru 2015 izdelali revizijo projektne dokumentacije PGD za objekt »Brv čez Sočo v Solkanu«, ki jo je v februarju 2013 izdelal STOLP, d.o.o. iz Nove Gorice.

Revizijski pregled izdelane dokumentacije je bil s strani investitorja naročen zaradi preverbe izvedljivosti predlagane konstrukcije na obravnavani lokaciji ter kontrole zasnove konstrukcije in preveritve računske pravilnosti izdelane dokumentacije.

Obravnavana projektna dokumentacija je bila v okviru izdelave revizijskega poročila strokovno pregledana, predvsem s smislu preveritve umestitve objekta, njegove konstrukcijske zasnove, tehnične pravilnosti podanih rešitev ter njihove izvedljivosti in ekonomske upravičenosti.

2.0 SPISEK PREGLEDANE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Projektna dokumentacija za obravnavani projekt vključuje naslednje načrte, ki so bili v postopku izdelave revizijskega poročila pregledani:

- a) 0 - Vodilna mapa,
- b) 1 - Načrt arhitekture,
- c) 3 - Načrt gradbenih konstrukcij – konstrukcija objekta,
- d) 9 – Geodetski načrt.

3.0 PROSTORSKI AKTI, KI VELJAJO NA OBMOČJU LOKACIJE OBRAVNAVANEGA OBJEKTA

Umestitev objekta v prostor je opredeljena z Odlokom o Občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Nova Gorica (Ur. List RS, št. 95/2012 z dne 13.12.2012) ter Odlokom o Občinskem lokacijskem načrtu Športni park Solkan (Ur. List RS, št. 65/06 z dne 23.06.2006 in 2/07, sprememba, 09.01.2007).

4.0 OBSTOJEČE STANJE IN OPIS PREDLAGANE REŠITVE (povzeto po projektni dokumentaciji)

4.1 Obseg projekta z opisom lokacije in prostorskih pogojev

Objekt se nahaja na lokaciji Športnega parka Solkan in premošča reko Sočo pri Kajak centru ter povezuje obstoječo dostopno pot v športni park z peš in kolesarsko potjo Solkan-Plave na desnem bregu Soče.

Os objekta poteka pretežno v smeri sever – jug (S-J).

Na desnem bregu Soče je teren strm in konstrukcija je usidrana v strmo brežino na koti 73,00 m n.v.

Na levem bregu se objekt zaključuje na koti ravno tako 73,00 m n.v. na obrežni terasi, ki leži na položnejšem terenu tik ob Veslaškem centru.

Niveleta brvi nad strugo reke Soče je konstantna oz. nespremenljiva in znaša 73,00 m n.v.

Gladina poplavnih vod reke Soče s povratno dobo 100 let se na območju premostitve nahaja na višini 64,40 m n.v., kar pomeni, da je predvidena varnostna višina premostitve cca 8,60 m nad gladino ekstremnih vod.

V projektu ni natančno prikazana ureditev prehoda (situativno in višinsko) iz objekta na dostopne ceste oz. priključne poti na desnem in levem bregu Soče.

Projekt obsega zgolj prikaz samega premostitvenega objekta na ožji lokaciji s krajnimi oporniki in s potrebnimi ukrepi za njegovo prostorsko in konstrukcijsko umestitev ter učvrstitev v okoliški teren.

4.2 Geološko – geomehanski podatki

Generalno se na območju umestitve brvi v terenu pojavljajo 3 karakteristični sloji zemljin in hribin in sicer deluvij in pobočni grušč, kar je značilno za kamnine, ki so bolj podvržene mehanskemu preperevanju, dalje aluvialni glinasto-prodni zasip, ki sestoji iz peščene gline in gline s prodom, zaglinjen prod, deloma sprijet v konglomerat ter flišna hribina, ki jo tvorijo plasti laporovca s plastmi peščenjaka.

Desni breg

Strmo pobočje na desnem bregu Soče gradijo eocenske flišne kamnine, ki so v spodnjem delu prekrte s sojem pobočnega in prodornega grušča. Fliš predstavlja temnosiv laporovec, ki se menjava s podrejenimi plastmi sivega peščenjaka. Plasti so debele od nekaj cm do več 10 cm. Plasti generalno vpadajo proti severozahodu do severovzhodu, torej generalno v pobočje. Flišne plasti na površini so močno do zmerno preperete sivorjave in rumenorjave barve.

Strmo pobočje se navzgor prevesi v izravnavo, ki jo v debelini okoli 5 m nad flišno podlago prekriva starejši prodni nanos Soče. Pri vrhu zasipa v debelini 1 do 2 m prevladuje peščena glina s prodniki, v spodnjem delu pa nastopa zaglinjen prod, deloma sprijet v konglomerat.

Desni breg je tudi stabilnostno najbolj problematičen, saj je izrazita erozija vidna na brežini iz glinasto prodnega zasipa. Na stiku s flišno podlago je opaziti več močil in izvirov vode.

Levi breg

Na levem bregu Soče je pretežni del območja, kjer je predvidena izgradnja brvi, prekrit z umetnim nasutjem. Na tej strani Soče nastopajo zaglinjeni in meljno-peščeni prodi ter glina s prodom, na prvi terasi se pojavlja tudi konglomerat. Flišna podlaga se nahaja na globinah 3 do 8 m.

Tudi na levem bregu se pojavljajo znaki nestabilnosti. Red leti je v nasipnem platoju nad čolnarno prišlo do posedanja površja, ki znaša do sedaj cca 5 cm. Odlomne razpoke so zajele del asfaltnega platoja in segajo na drugo stran obložene struge potoka vzdolž roba ceste. Kamnita obloga struge je mestoma poškodovana, stiki so razpokani in zamaknjeni. Ker ni popolnoma jasno, kako globoko segajo premiki, je potrebno levo podporo mostu temeljiti v hribinsko podlago (lapor ali pa konglomerat)

Izvedena je bila stabilnostna analiza 2D levega in desnega brega reke Soče, v prerezu po osi načrtovane brvi. Za stabilnostno analizo je bil uporabljen program SLOPE-W, upošteva krožno obliko potencialnih porušnic.

Na lokaciji podpor brvi na levem bregu Soče so bile maja 2011 izvedene štiri (4) sondažne vrtine. Vrtine so bile globoke od 7 m do 10 m, vse so segle do kompaktne hribine, razen vrtine V-2, kjer se hribinska podlaga na končni globini 7,0 m ni dosegla. V ostalih vrtinah je globina hribinske podlage variirala med 4,40 m do 7,80 m v vrtini V-4. Do globine 2-3,5 m pod površjem je bil registriran umetni nasip iz zaglinjenega grušča in prod s kosi opek. Globje so bi najdeni peščeni in zaglinjeni grušči ter gline z gruščem.

Na desnem bregu Soče je bila konec leta 2012 izvedena sondažna vrtina S-1 za potrebe načrtovanja brvi za pešce in sicer v zaledju krajne podpore brvi, ki je segala 18,4 m pod nivo obstoječega površja.

Do globine 2,5 m pod površjem se nahaja sloj peščene glin s prodniki (CL), poltrdne konsistence. Sledi do globine 5,0 m sloj zameljenega grušča (GM) s kosi konglomerata.. Globje je siv lapor, v zgornjem delu cca 1,2 m še preperel in sivorjave barve.

Leva in desna krajna podpora objekta:

Leva podpora je zasnovana v obliki »L« armiranobetonskega zidu, ki je sidran v kompaktno hribino, temeljna peta je širine 3,4 m in dolžine 9,0 m.

Desna podpora je zasnovana v obliki AB grede, katere dno je stopničasto oblikovano, širina grede 3,20 m, dolžina 3,60 m.

Faktorirana natezna sila znaša $2 \times 2.380 \text{ kN} = 4.760 \text{ kN}$.

Predvideno je, da bi natezno silo, ki se v podporo prenaša preko nosilne v vrvi, prevzelo 9 stalnih geomehanskih sider – po tri sidra v enem nivoju, ki so pahljačasto razporejena v vertikalni in horizontalni smeri.

Leva in desna notranja podpora:

V tlorsu je zasnovana je v obliki »U«, temelj bo dolg $13,0 \text{ m} + 2 \times 9,0 \text{ m}$, stranska kraka temelja se stopničasto dvigujeta proti površju. Za prevzem nateznih sil so na koncih predvidena trajna geomehanska sidra, uvtana v kompakten lapor. Širina temelja bo okvirno med 1,5 m;

Na vsakem kraku znaša faktorirana natezna sila po 1.940 kN.

Temeljenje LEVE krajne podpore:

Dno temelja se izvede v globini 4,0 m pod nivojem površja, v sloju peščenega in zaglinjenega grušča preperlega laporja GP, G, oziroma v preperlem laporju.

Za temeljna tla so privzete sledeče fizikalne karakteristike:

- naravna prostorninska teža $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$,
- strižni kot $\varphi = 34^\circ$, $c = 0$,

Levi notranji temelj:

Dno temelja bo segalo v slabo vezan konglomerat. Za temeljna tla smo privzeli sledeče fizikalne karakteristike:

- naravna prostorninska teža $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$,
- strižni kot $\varphi = 37^\circ$, $c = 0$.

Temeljenje DESNE krajne podpore:

Temeljenje bo izvedeno v srednje do zelo visoko penetrabilnem laporju.

Za temeljna tla so privzete sledeče fizikalne karakteristike:

- naravna prostorninska teža $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$,
- strižni kot $\varphi = 32^\circ$, $c = 5 \text{ kPa}$.

Desni notranji temelj:

Temeljenje bo izvedeno v srednje do visoko penetrabilnem laporju oziroma v sloju peščenjaka. Dno temelja se nahaja samo 5,0 m od roba strme brežine desnega brega reke Soče (naklon $40 - 55^\circ$).

Temeljna tla imajo sledeče fizikalne karakteristike:

- naravna prostorninska teža $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$,
- strižni kot $\varphi = 32^\circ$, $c = 10 \text{ kPa}$.

Po Meyerhofu se potencialna porušnica na ravnem terenu izklini 3,5 širine temelja, torej $3,3 \times 1,5 = 5,0 \text{ m}$ od roba temelja, torej je oddaljenost temelja od roba brežine ravno še zadovoljiva.

4.3 Hidrotehnični podatki

Hidrotehnično poročilo ni bilo izdelano za potrebe projektiranja objekta.

Odvodnja lastnih vod z objekta ni potrebna – objekt ne zadržuje vode. Odvodnjo krajnih opornikov in brežin nad njimi je potrebno urediti skupaj s projektom trase kolesarske steze na obeh bregovih reke Soče, kar ni bilo izvedeno v okviru obravnavanega projekta.

4.4 Opis mostne konstrukcije

Most – brv je razpetine 120.00 m in je zasnovan kot jeklena prekladna kovinska konstrukcija višine 40cm, ki preko vešalk visi na dveh jeklenih nosilnih vrveh napetih preko dveh jeklenih pilonov. Nosilne vrvi so obojestransko sidrane v točkovnih temeljih na bregovih Soče. Krajni oporniki so AB debeline 100cm, krilni zidovi pa 50 cm.

Temelji so sidrani s trajnimi geotehničnimi sidri v zaledni teren.

Objekt je zavetrovan s paraboličnimi in ravnimi jeklenimi vrvmi. Nosilne in zavetrovalne vrvi ter vešalke so jeklene zaprte (zaščitene) vrvi. Kot križanja objekta z osjo struge reke Soče znaša cca 70,0°.

Izbrana varianta povezuje levi in desni breg Soče z visečim jeklenim mostom v enem razponu in širini kolesarske steze. Most se izvede nad pragom stoletnih vod (64,40m) na višini 73,00 m nad morjem brez prečnega in vzdolžnega sklona. Most – brv se na levem bregu priključuje na dostopno pot do Kajak centra Solkan, na desnem bregu pa na predvideno kolesarsko stezo vsekano v desno brežino.

Razdalja med krajnima opornikoma je 120,00m (osno). Dve parabolični nosilni vrvi (Z) sta napeljani preko dveh kovinskih A pilonov, ki stojita na krajnih opornikih. Nosilni vrvi sta preko dveh točkovnih temeljev sidrani v oba krajna bregova. Temelji so s trajnimi, geomehanskimi sidri sidrani v zaledno hribino.

Jeklena prekladna konstrukcija visi obojestransko na vešalkah, ki so na 6,0 m obešene na nosilni vrvi. Prekladna konstrukcija je obojestransko zavetrovana s parabolično vrvjo sidrano v krajna opornika. Prav tako je zavetrovana (točkovno podprta na ¼ razpona od kraja) z štirimi ravnimi vrvmi prav tako sidranimi v krajne opornike. Na konceh je prekladna konstrukcija podprta s štirimi sidranimi elastomernimi ležišči, od katerih sta dve vzdolžno pomični.

Krajna opornika sta zasnovana kot monolitna AB stenasta konstrukcija na pasovnih temeljih na elastični podlagi. Krajni oporniki so s trajnimi, prednapetimi geomehanskimi sidri sidrani v hribino. Celotna konstrukcija krajnih opornikov stoji v smeri objekta.

Krajna opornika sta temeljena na kotah 65,0 in 68,0 m n.v. Krilni zidovi so temeljeni stopničasto.

Predvidena kvaliteta betona samih opornikov, kril in temeljev je C25/30. Celotna konstrukcija je armirana z armaturo kvalitete S500.

Celotna kovinska konstrukcija je vroče cinkana. Predviden je peti razred izpostavljenosti kovinske konstrukcije.

4.4 Predvidena oprema in detajli

Krila in brežine

Na krajnih opornikih izvedemo pravokotne krilne zidove.

Zasipni klini

Zasip za mostom se izvede s kvalitetnim kamnitim materialom, ki se ga uvalja po 30 cm. (klasičen utrjen cestni nasip).

Ograje

Obojestransko: Kovinska ograja za pešce h=1.20m. (jeklena s žičnimi polniji)

Hodniki in robni venci

Levo: Hodnik 20cm.

Desno: Hodnik 20cm

Odvodnja meteornih vod

Odvodnjavanje objekta ni predvideno. Objekt ne zadržuje vode. Odvodnja krajnih opornikov bo speljala vodo s kanaletami do rečne struge. Urejena bo v skladu s projektom kolesarske steze.

Drenaža zaledja opornih konstrukcij.

Izvedemo drenažo temeljev in krajnih opornikov. Drenaža krajnih opornikov je priključena na barbakane. (F180/5m)

Hidroizolacija zasutih betonskih površin.

Na zasutih betonskih površinah ni predvidena izvedba klasične izolacije. Beton konstrukcije temeljev in opornikov izvedemo po principu „bele kadi“. Uporabimo vodotesni beton MB30 razred omočljivosti V4 – maksimalna globina omočenja znaša 4cm. Vse delovne stike in prekinitve betonaže se varuje z ekspanzijskim gumijastim tesnilnim trakom, ki se pritrdi na otrdeli beton z ustreznim lepilom.

Merilni čepi oz. reperji

Merilni čepi za spremljanje pomikov krajnih opornikov in temeljev so postavljeni na zgornji horizontalni površini krajnih opornikov in na zgornji površini temeljev. Izvedemo po 2 komada na vsak konstrukcijski element (skupaj $4 \times 2 = 8$ reperjev, ki se postavijo cca 10 cm od zunanjega roba grede).

Inklinometri

Po potrebi za meritev morebitnih pomikov, zdrsov obeh bregov, je predvidena vgradnja inklinometrov za ročno spremljavo pomikov (določi geomehanik). Inklinometri se vgradijo tako, da se lahko zasleduje morebitno premikanje zemeljskih mas na območju krajnih opornikov in temeljev.

Zato je potrebno izvesti tri inklinometrijske vrtine: eno ob levem krajnem oporniku, drugega ob desnem krajnem oporniku in tretjega nad desnim temeljem.

Vidne betonske površine

Površine so neobdelane in v naravni barvi betona. Površina mora biti enotne barve in brez madežev. Opažne plošče naj bodo enako velike in enake oblike.

Stiki morajo biti enakomerni in potekati neprekinjeno. Na vidnih straneh je potrebno opaž odpreti tako, da ne ostanejo vidni vložki od lukenj za sidra in distančnike. Vse vidne robove je potrebno posneti z trikotno letvico 3 x 3 cm.

4.5 Materiali – predvideno po projektu

Betoni:

C12/15 - podložni beton za izvedbo odtočne mulde, beton podloge pod temelji.

C16/20 - kamnite obloge

C25/30 - vodotesni beton V4 – za krajne opornike in temelje.

Beton kvalitete C25/30, ki se uporablja za most mora imeti odpornost proti koroziji zaradi karbonatizacije XC2, proti zmrzovanju/tajanju XF2 in korozija zaradi kloridov, ki ne izvirajo iz morske vode XD3.

Armatura:

RA S500

MA S500

GA 240/360 (montažna armatura)

JEKLO S235, S335;

JEKLENE Z VRVI S1460, $E=165,00 \text{ KN/m}^2$ (računane REDAELLLI)

TRAJNO GEOMEHANSKO SIDRO: 5 pramen $7 \Phi 5$; Jeklo 1670/1860 $E=195000 \text{ MPa}$

5.0 UGOTOVITVE REVIZIJSKEGA PREGLEDA S KONTROLNO RAČUNSKO ANALIZO KONSTRUKCIJE

Splošno mnenje:

Projekt Brvi preko Soče v Solkanu je v splošnem narejen korektno ob upoštevanju potrebnih zakonskih zahtev in zahtev ustreznih standardov.

Podane rešitve so preiščljene z nekaterimi dobrimi in inovativnimi rešitvami pri zagotavljanju konstrukcijske stabilnosti.

Glavne pripombe se nanašajo predvsem na nekatera privzeta izhodišča pri zasnovi konstrukcije, o katerih podajamo svoje mnenje v nadaljevanju.

1. Predvidena podajnost konstrukcije

V računski analizi niso iz vrednotene glavne lastne nihajne frekvence premostitvene konstrukcije, ki mora po priporočilih za peš in kolesarke mostove znašati minimalno 4-5 Hz.

Oziroma ustrezni standardi (SIST EN1991-2 (5.7.2) za peš i kolesarske mostove ne podajajo enotnega pravila glede velikosti frekvenc osnovnih lastnih nihanj konstrukcije v posameznih smereh, pač pa podajajo velikosti vzbujevalnih frekvenc, ki jih lahko povzroči koristna obtežba na omenjenih objektih. V vertikalni smeri so vzbujevalne frekvence med 1,0 – 3,0 Hz, v horizontalni smeri pa med 0,5 – 1,5 Hz.

Pri načrtovanju tovrstnih konstrukcij je potrebno paziti, da so lastne frekvence nihanja konstrukcije večje od možnih vzbujevalnih frekvenc tako, da ni mogoč slučaj, da bi lastna in vzbujevalna frekvenca konstrukcije prišli v resonanco, zaradi česar bi se nihanje konstrukcije povečevalo in bi lahko prišlo do porušitve konstrukcije.

Iz kontrolne analize konstrukcije smo ugotovili karakteristike nihanja konstrukcije v vertikalni in horizontalni smeri, in jih povzemamo v nadaljevanju:

a) Vertikalna smer:

V vertikalni smeri nihata predvsem 2 in 4 lastna oblika nihanja s frekvencami 0,6456 Hz oziroma 0,8598 Hz.

Obe osnovni obliki nihanja v vertikalni smeri kažeta na to, da je konstrukcija zelo podajna, tako, da sta obe njeni glavni frekvenci pod frekvenco možnega vzburjanja, kar sicer ustreza zahtevi predpisa. Bolje bi sicer bilo, da bi premaknili območje lastnih frekvenc nad nivo vzbujevalnih frekvenc, vendar je to glede na značaj konstrukcije težje dosegljivo.

Omenjena lastnost kaže na to, da je konstrukcija v vertikalni smeri zelo podajna, kar lahko vpliva na psihološki občutek ljudi pri prehodu preko brvi.

b) Horizontalna smer:

V horizontalni smeri nihata predvsem 3 in 24 lastna oblika nihanja s frekvencami 0,7501 Hz oziroma 2,6814 Hz.

Obe osnovni obliki nihanja v horizontalni smeri kažeta na to, da **se konstrukcija v horizontalni smeri nahaja v področju vzbujevalnih frekvenc (0,5 Hz do 1,5 Hz)**, kar lahko ob ustreznem vzburjanju povzroči resonančno nihanje in povzroči poškodbe ali porušitev konstrukcije.

Omenjena lastnost konstrukcije v horizontalni smeri kaže, da je le-ta tudi v horizontalni smeri preveč podajna, pri čemer pa je nujno potrebno konstrukcijo v horizontalni smeri ustrezno ucvrstiti (povečati togost).

2. Velikost povosov prekladne konstrukcije pod predvideno obremenitvijo

Povesi oz. pomiki konstrukcije so bili v osnovnem statičnem računu določeni le pri navidezno stalni kombinaciji vplivov. V omenjeni kombinaciji nastopa poleg lastne in stalne obtežbe le še temperaturna obtežba s kombinacijskim faktorjem 0,5.

Iz kontrolnega izračuna sledi velikost maksimalnih pomikov zaradi lastne, stalne in koristne obtežbe 9,18 cm, pri čemer je razmerje pomikov zaradi lastne in stalne obtežbe proti pomikom zaradi koristne obtežbe cca 60% - 40%.

Izračunani povesi konstrukcije so manjši od dovoljenih pomikov $L/300 = 40$ cm.

3. Dimenzioniranje osnovnih konstrukcijskih elementov

Iz kontrolne računske analize sledi, da so vsi glavni nosilni elementi ustrezno dimenzionirani in kot taki lahko prevzamejo vse predvidene obremenitve.

4. Zasnova krajnih opornikov in srednjih temeljev

Glavna pripomba na pregledani projekt se nanaša na predviden način temeljenja in zasnovo krajnih opornikov in srednjih temeljev.

Kot je videti iz geomehanskega poročila bo objekt temeljen plitvo, v sloju peščenega in zaglinjenega grušča prepererelega laporja GP, G, oziroma v preperelem laporju na levem krajnem oporniku ter v sloju srednje do zelo visoko penetrabilnega laporja na desnem bregu, pri čemer pa se desni krajni opornik nahaja tik ob robu strme brežine, kar je z vidika stabilnosti temelja neugodno.

Zasnova krajnih opornikov s srednjimi temelji je predvidena ločeno. Krajni oporniki in srednji temelji so med seboj nepovezani in konstrukcijo »neugnezdeni« v temeljna tla, pri čemer pa je zaradi podane zasnove objekta njihova osnovna funkcija prenos nateznih sil iz objekta v teren. Celotne natezne sile, ki se iz prekladne konstrukcije prenašajo v temeljna tla, je projektant prevzel s stalnimi geomehanskimi sidri, pri čemer delež geomehanskih sider v prenosu nateznih sil na konstrukciji znaša 100%.

Izbrani način prevzema nateznih sil sicer z vidika tehnične regulative oz. standardov sicer ni prepovedan, vendar je tvegan. Dobro je namreč znano, da je nosilnost geomehanskih sider pogosto s časom spremenljiva in odvisna od nivoja napetosti in nihanja napetosti v sidrih. Zato je možno, da se pri podani zasnovi konstrukcije, kjer bo zaradi koristne obtežbe prihajalo do stalnega nihanja napetosti v sidrih, s časom prišlo do popuščanja njihove nosilnosti.

V kolikor se to res zgodi, niso možni nikakršni popravni ukrepi ali način rešitve konstrukcije.

Zaradi tega je minimalni potreben ukrep, ki ga je potrebno predvideti na projektirani konstrukciji, izvedba rezervnih sidrišč, v katera bo mogoče kasneje, med uporabo konstrukcije, aktivirati in zagotoviti potrebno nosilnost.

V izogib kasnejšim nepredvidenim in težko popravljivim spremembam na konstrukciji priporočamo, da se preoblikuje krajne opornike v masivne konstrukcije, kjer predstavljata krajni opornik in osrednji temelj skupno enovito konstrukcijo, temeljeno na uvrtnih pilotih, ki bodo skupaj zagotavljali prenos pretežnega dela potrebnega sidranja v temeljna tla. Razliko se ohrani na geomehanskih sidrih.

Predlagamo, da se minimalno 60% potrebnih sidrih sil prevzame z ustrezno zasnovo enovitih krajnih opornikov na uvrtnih pilotih, delež geomehanskih sider pa naj ne presega 40% vseh potrebnih nateznih sil.

5. Montaža prekladne konstrukcije

Predlagamo, da se v fazi PZI projekta natančno opiše in definira način montaže jeklene prekladne konstrukcije ob sprotnem donapenjanju nosilnih vrvi.

V fazi montaže, ko horizontalni parabolični kabli še niso napeti, je potrebno preveriti nihanje konstrukcije zaradi horizontalnih sil in zaradi vsiljenega nihanja v vertikalni smeri. Če se v tej fazi ne upošteva zahteva po maksimalni dopustni frekvenci, naj se opredelijo ukrepi za preprečitev vsiljenega nihanja.

6. Uporaba predvidenih materialov

Predlagamo, da se za izvedbo krajnih opornikov in srednjih temeljev uporabi beton višjega trdnostnega razreda in sicer C30/37 MPa, saj je s predvidenim tlačnim razredom C25/30 praktično nemogoče zagotoviti zahtevane kemijske odpornosti oz. lastnosti betona.

6.0 ZAKLJUČEK REVIZIJSKEGA PREGLEDA

Kot omenjeno, je pregledani projekt konstrukcije Brvi preko Soče v Solkanu narejen skrbno in inovativno, vendar je potrebno v fazi PZI dopolniti konstrukcijsko rešitev tako, da se ustrezno poveča togost prekladne konstrukcije v horizontalni smeri. Povečanje togosti mora biti tolikšno, da bodo lastne nihajne frekvence v horizontalni smeri presegle možne frekvence vzbujanja, ki za tovrstne konstrukcije znašajo od 0,5 Hz do 1,5 Hz.

Poleg navedenega predlagamo konstrukcijsko spremembo zasnove krajnih opornikov s srednjimi temelji, ki naj bodo bolj togi, masivni in na uvrtnih pilotih tako, da lahko temeljna konstrukcija sama prevzame minimalno 60% vseh potrebnih nateznih sil. Preostanek nateznih sidrskih sil naj se prevzame s stalnimi geomehanskimi sidri, pri čemer naj se v konstrukciji predvidi rezervna sidrišča za eventualno potrebno naknadno povečanje sidranja.

Ostala priporočila naj se upoštevajo skladno z navedbami v poglavju 5.0 tega poročila.

Odg. revident:

mag. Miran Lozej, univ. dipl. inž. grad.

mag. MIRAN LOZEJ
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-0378

Priloga:

Izpis kontrolne računske analize

Kontrolni statični izračun BRVI ČEZ SOČO k izračunu
»STATIČNI RAČUN pr. št.: 03/12 -06; n. št.: 03/12 -07;
PGD – STOLP d.o.o.«

1. UVOD

V pričujočem poročilu podajamo rezultate kontrolnega statičnega izračuna viseče brvi čez reko Sočo v Solkanu. Gre za jekleni viseči most – brv, razpona 120.00 m, ki poteka na koti 73.00m n.m., cca 10.0m nad stoletno vodo. Prekladna konstrukcija je kovinska iz standardnih vročevaljanih profilov višine 40cm, krajni oporniki so AB debeline 100cm, krilni zidovi pa 50 cm. Nosilne in zavetrovalne vrvi so jeklene zaprte vrvi; (prav tako vešalke). Most križa vodotok pod kotom cca 70.0°

2. POVZETEK GLAVNIH OBTEŽB IZ OSNOVNEGA STATIČNEGA IZRAČUNA

2.1 LASTNA TEŽA

Lastna teža je bila v osnovnem modelu upoštevana s upoštevanjem geometrijskih karakteristik prerezov ter specifičnih tež materialov.

2.2 STALNA TEŽA

Pohodne plošče z razdelilnimi letvami: (Fe plošča s tartanom)

$$q_{lp} = 0.60 \times 2.50 = 1.50 \text{ kN/m}$$

Žična ograja z mrežo, stebrički in ročajem:

$$q_{lo} = 0.75 \times 2 = 1.50 \text{ kN/m}$$

Instalacije:

$$q_{li} = 0.50 \text{ KN/m}$$

Spojni elementi konstrukcije in za nosilne vrvi ter zavetrovanje:

$$q_l = (6 \times 0.25 \times 2) / 6.00 = 0.50 \text{ KN/m}$$

2.3 KORISTNA OBTEŽBA

Vertikalna prometna obtežba:

$$q_{fk} = 5.00 \text{ KN} / m^2$$

Razponi nad 10m:

$$2.50 \text{ KN} / m^2 \leq q_{fk} = 2.0 + 120 / (L_{sj} + 30) \leq 5.00 \text{ KN} / m^2$$

$$q_{fk} = 2.0 + 120 / (120 + 30) = 2.80 \text{ KN} / m^2$$

Koncentrirana sila:

na površini 10x10cm

$$Q_{fwk} = 10.00 \text{ KN}$$

Servisno in gasilsko vozilo ni predvideno.

Horizontalna obtežba:

(obe smeri)

$$q_{fkh} = 10\% \times q_{fk} = 0.10 \times 2.80 = 0.28 \text{ KN} / \text{m}^2$$

Obtežba ograje:

(horizontalna, vertikalna)

$$q_{ok} = 1.00 \text{ KN} / \text{m}$$

2.4 NARAVNE SILE

Vpliv spremembe temperature okolja:

$$\Delta t = 1.0 \times 10^{-5}$$

$$\Delta t = +20.0 \text{ C}$$

$$\Delta t = -30.0 \text{ C}$$

Okvirna - gredna konstrukcija:

Razlika v gredi prekladne konstrukcije $\Delta t/d = -3.50 \text{ C} / 40.0 \text{ cm}$ notri topleje

Razlika v gredi prekladne konstrukcije $\Delta t/d = 7.00 \text{ C} / 40.0 \text{ cm}$ zunaj topleje (3.50 ni direktnega ogrevanja)

Vpliv vetra:

-prekladna konstrukcija:

$$q_{wk} = 0.80 \text{ mx } 1.6 \times 1.575 = 2.016 \text{ KN} / \text{m}$$

-prekladna konstrukcija, trenje:

$$q_{wt} = (0.02 + 0.04) \times 2.50 \text{ mx } 1.575 = 0.2363 \text{ KN} / \text{m}$$

-nosilne vrvi: (Z)

$$q_{wvg} = 0.08 \text{ mx } 0.8 \times 1.575 = 0.1008 \text{ KN} / \text{m}$$

-vešalke: (pletene)

$$q_{wvv} = 0.02 \text{ mx } 1.0 \times 1.575 = 0.0315 \text{ KN} / \text{m}$$

-zavetrovalne vrvi: (Z)

$$q_{wvv} = 0.07 \text{ mx } 0.8 \times 1.575 = 0.0882 \text{ KN} / \text{m}$$

Vpliv snega:

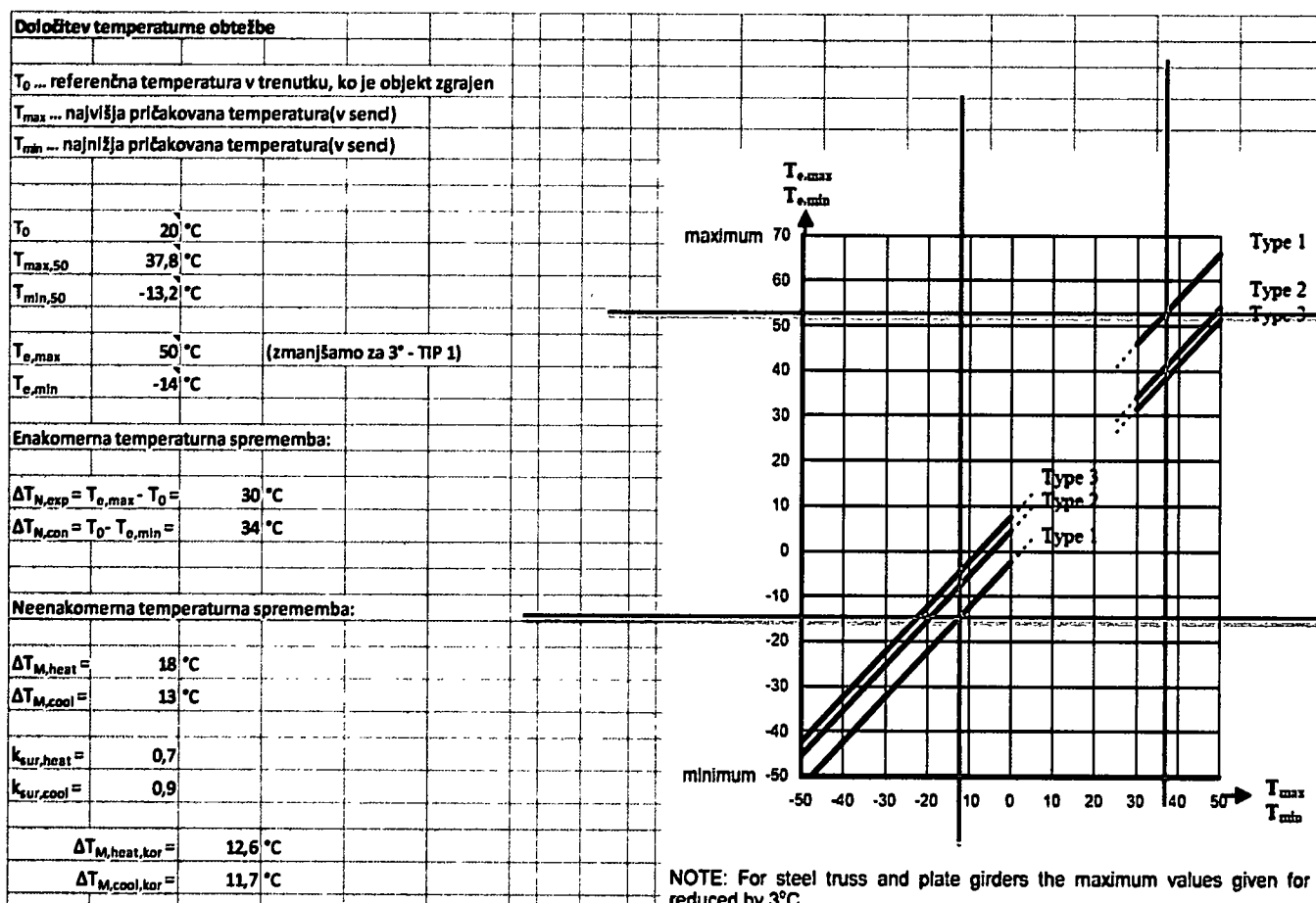
$$q_s = 0.4138 \text{ kN/m}^2$$

3. OBTEŽBE V KONTROLNEM IZRAČUNU

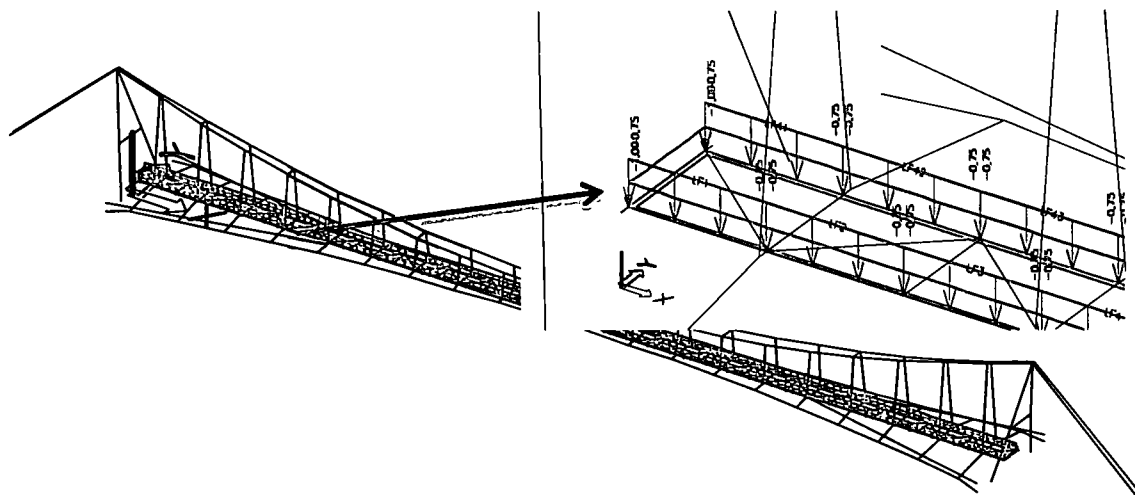
3.1 Osnovne predpostavke in ugotovitve

V kontrolnem izračunu so bile upoštevane enake obtežbe kot v osnovnem statičnem izračunu.

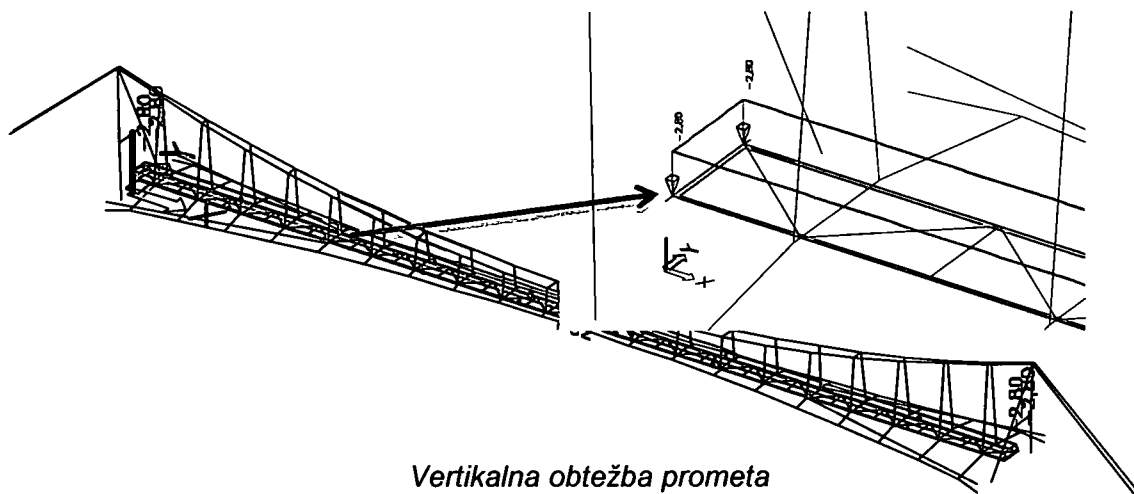
Standard SIST EN1991-1-5 podaja način določitve temperaturne obtežbe na mostovih, kakor je prikazano v nadaljevanju. Razvidno je, da je projektant v računu upošteval manjše vrednosti spremembe temperature od priporočenih. Pri enakomernem ohlajanju je v statičnem izračunu projektant upošteval -30°C , kar je nekoliko manj kot definirano s standardom (-34°C) – ocenjujemo, da s tem varnost konstrukcije ni ogrožena. Večja razlika je pri enakomernem povišanju temperature, ki je skladna s standardom za obravnavan tip konstrukcije $+30^{\circ}\text{C}$, v analizi pa je upoštevano $+20^{\circ}\text{C}$. Povišanje temperature v največji meri vpliva le na povese, kar pa za konstrukcijo ni kritično.



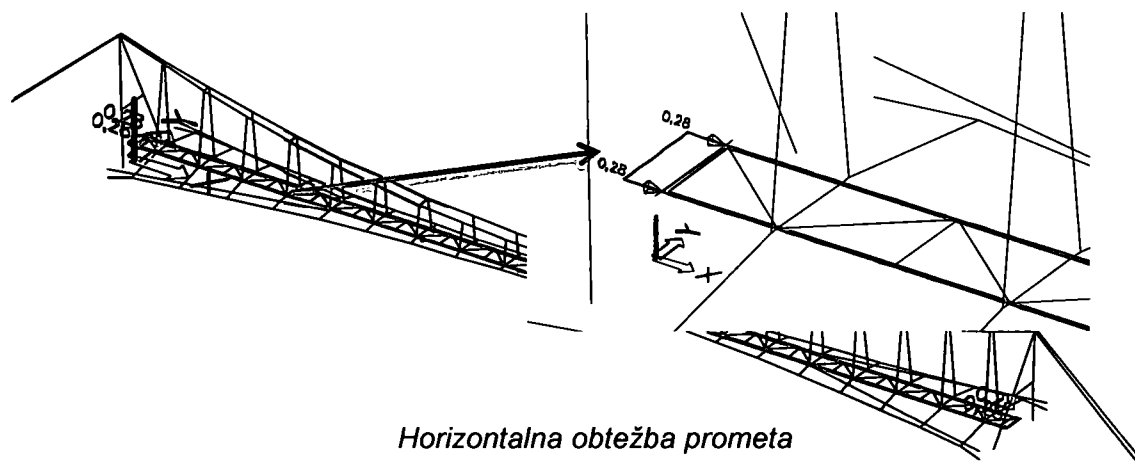
3.2 Prikaz obtežb na konstrukciji



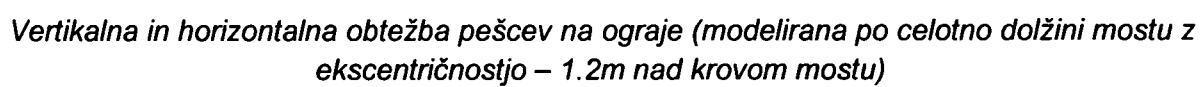
Stalna obtežba (obtežba krova ter obtežba ograje)



Vertikalna obtežba prometa



Horizontalna obtežba prometa



OPOMBA: Prikazujemo le en obtežni primer temperature, modeliranih pa je bilo 8.

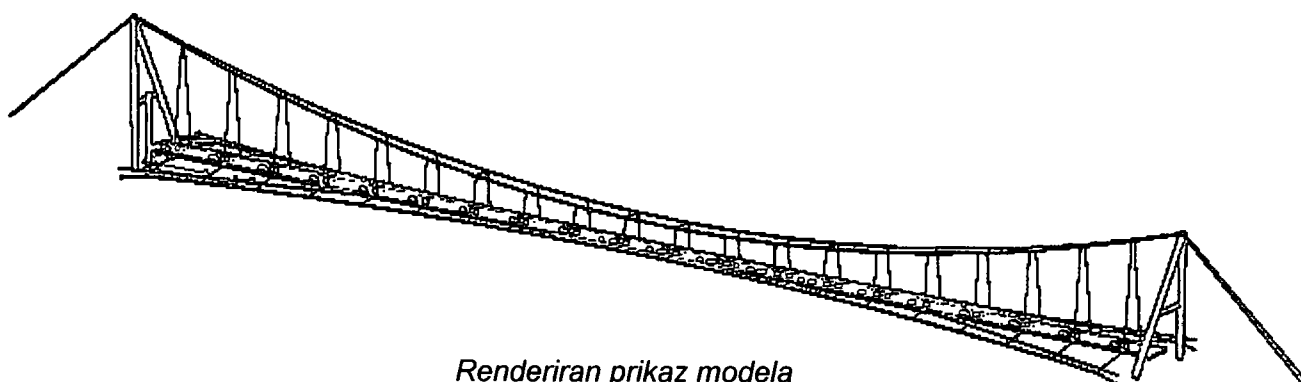
4. RAČUNSKA ANALIZA S PROGRAMOM SCIA ENGINEER

5.1 SPLOŠNO O PROGRAMU SCIA Engineer

Računalniški program SCIA Engineer, je namenjen statični in dinamični analizi gradbenih konstrukcij in je osnovan na metodi končnih elementov. Omogoča analizo ravninskih in prostorskih okvirjev, plošč, sten in lupin. Poleg določitve notranjih statičnih količin omogoča dimenzioniranje jeklenih prerezov (kontrola napetosti, uklona, lokalnega izbočenja, analizo tankostenskih prerezov, ...) upoštevajoč predpise kot so Eurocode, DIN, AISC, Önorm in mnoge druge. Poleg tega program omogoča optimizacijo jeklenih elementov ter analizo priključkov jeklenih elementov (vijačeni in varjeni stiki). V modulu za beton lahko določimo armaturo prereza, ki jo upoštevajoč razpoke program optimizira. Računske kontrole lahko izvajamo po prej omenjenih predpisih. Program vključuje generator obtežb vetra in snega po predpisih Eurocode, DIN, NEN in CNS. Vključuje tako analizo drugega reda, kot tudi analizo tretjega reda za okvirne konstrukcije, omogoča modeliranje lokalnih nelinearnosti (npr. nelinearne podpore in sprostitev vozlišč, izključno natezni elementi...), dinamično analizo, račun vplivov pomične prometne obtežbe, račun prednapetih armiranobetonskih konstrukcij z upoštevanjem izgub zaradi relaksacije kablov, ukrivljenosti kabelske linije, izgube zaradi elastične deformacije ter izgube zaradi krčenja in lezenja betona, upoštevajoč faznost gradnje konstrukcije.

5.2 ANALIZA KONSTRUKCIJE

Za analizo konstrukcije je bil uporabljen **prostorski linijski model** konstrukcije. Obtežba je bila podana kot linijska na osi elementov oz. ploskovna obtežba, ki se samodejno »pretvori« v linijsko. Opravljena je bila nelinearna analiza ob upoštevanju nelinearnosti elementov (kabli). Podpore so bile modelirane kot toge.

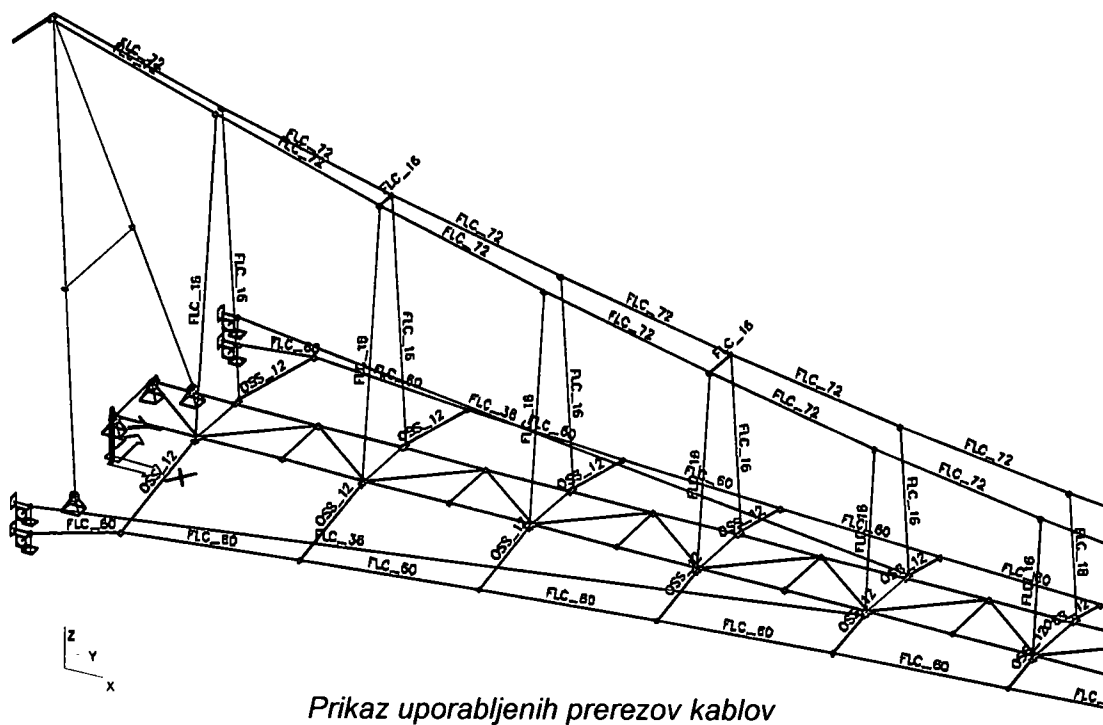
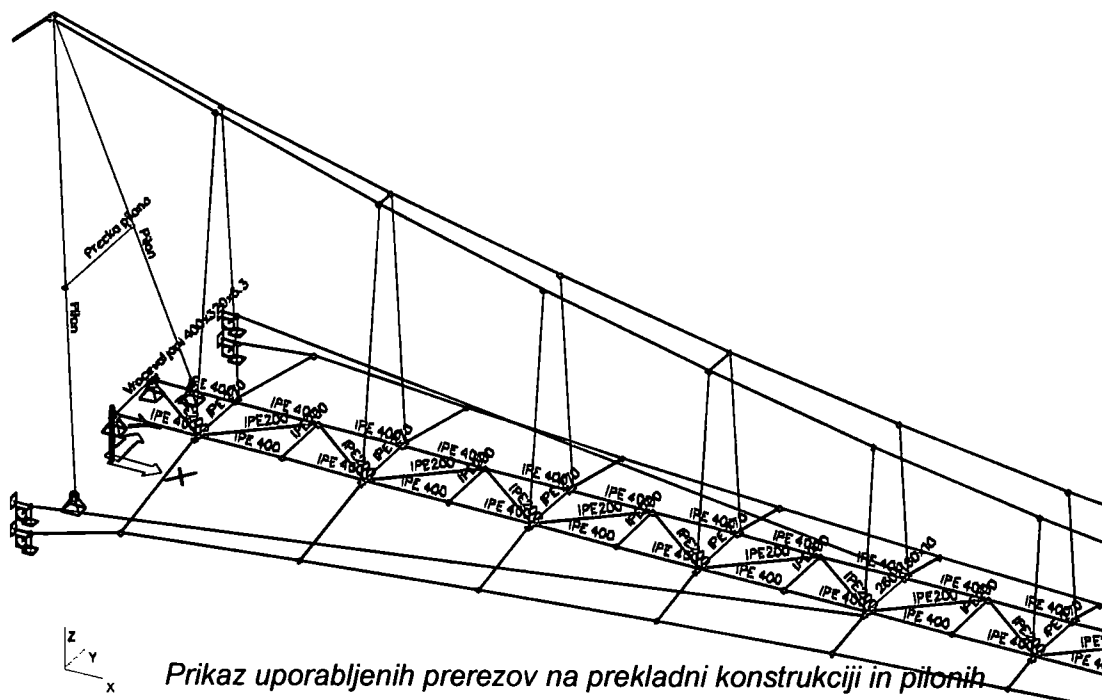


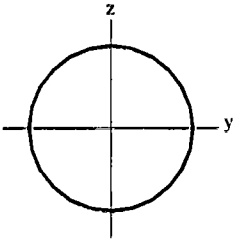
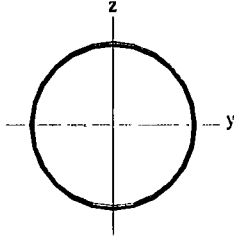
Renderiran prikaz modela

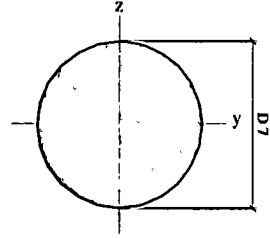
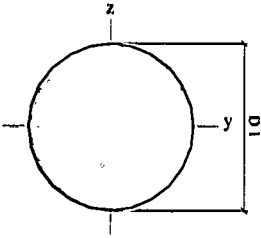
5.3 DEFINICIJE PREČNIH PREREZOV IN MATERIALOV

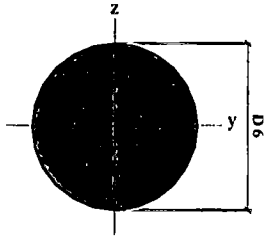
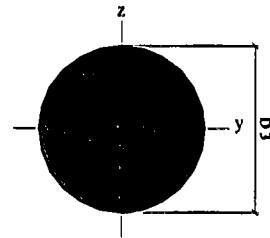
Name	Type	Unit mass [kg/m ³]	E mod [kN/m ²]	Poisson - nu	G mod [kN/m ²]	Thermal exp [m/mK]
S 235	Steel	7850,00	2,1000e+08	0,3	8,0769e+07	0,00
S 355	Steel	7850,00	2,1000e+08	0,3	8,0769e+07	0,00

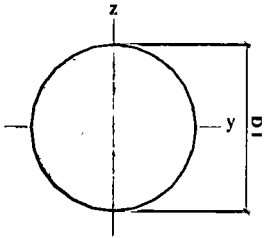
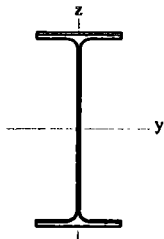
Name	Type	Unit mass [kg/m ³]	E mod [kN/m ²]	Poisson - nu	G mod [kN/m ²]	Thermal exp [m/mK]
REDAELLI_FLC	Steel	7850,00	1,6500e+08	0,3	6,3462e+07	0,00
REDAELLI_OSS	Steel	7850,00	1,6500e+08	0,3	6,3462e+07	0,00

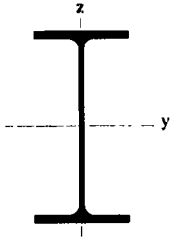
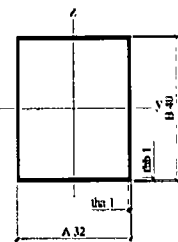


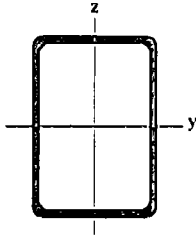
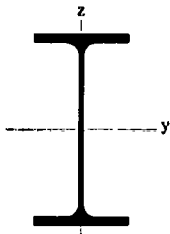
Name	Pilon	
Type	CFCHS711X10	
Source description	Rautaruukki Oyj / Structural Hollow Sections EN10219 / Ed.2007	
Item material	S 235	
Fabrication	cold formed	
Buckling y-y, z-z	c	c
Picture		
A [m ²]	2,2023e-02	
A _{y, z} [m ²]	1,4020e-02	1,4020e-02
I _{y, z} [m ⁴]	1,3530e-03	1,3530e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	2,7055e-03
W _{el y, z} [m ³]	3,8060e-03	3,8060e-03
W _{pl y, z} [m ³]	4,9143e-03	4,9143e-03
d _{y, z} [cm]	0	0
c _{YLCS, ZLCS} [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	2,2336e+00	
Name	Precka pilona	
Type	CFCHS508X10	
Source description	Rautaruukki Oyj / Structural Hollow Sections EN10219 / Ed.2007	
Item material	S 235	
Fabrication	cold formed	
Buckling y-y, z-z	c	c
Picture		
A [m ²]	1,5645e-02	
A _{y, z} [m ²]	9,9599e-03	9,9599e-03
I _{y, z} [m ⁴]	4,8520e-04	4,8520e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	9,7001e-04
W _{el y, z} [m ³]	1,9103e-03	1,9103e-03
W _{pl y, z} [m ³]	2,4804e-03	2,4804e-03
d _{y, z} [cm]	0	0
c _{YLCS, ZLCS} [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,5958e+00	

Name	FLC_72	
Type	Circle	
Detailed	7	
Item material	REDAELLI_FLC	
Fabrication	general	
Buckling y-y, z-z	b	b
FEM analysis	x	
Picture		
A [m ²]	3,5293e-03	
A y, z [m ²]	2,9999e-03	2,9999e-03
I y, z [m ⁴]	9,9120e-07	9,9120e-07
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	1,9824e-06
Wel y, z [m ³]	2,9570e-05	2,9570e-05
Wpl y, z [m ³]	5,0205e-05	5,0205e-05
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	2,1061e-01	
Name	FLC_16	
Type	Circle	
Detailed	1	
Item material	REDAELLI_FLC	
Fabrication	general	
Buckling y-y, z-z	b	b
FEM analysis	x	
Picture		
A [m ²]	1,6996e-04	
A y, z [m ²]	1,4447e-04	1,4447e-04
I y, z [m ⁴]	2,2989e-09	2,2987e-09
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	4,5976e-09
Wel y, z [m ³]	3,1251e-07	3,1249e-07
Wpl y, z [m ³]	5,3058e-07	5,3058e-07
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	4,6218e-02	

Name	FLC_60	
Type	Circle	
Detailed	6	
Item material	REDAELLI_FLC	
Fabrication	general	
Buckling y-y, z-z	b	b
FEM analysis	x	
Picture		
A [m ²]	2,4515e-03	
A y, z [m ²]	2,0838e-03	2,0838e-03
I y, z [m ⁴]	4,7825e-07	4,7825e-07
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	9,5650e-07
Wel y, z [m ³]	1,7119e-05	1,7119e-05
Wpl y, z [m ³]	2,9064e-05	2,9064e-05
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,7553e-01	
Name	FLC_36	
Type	Circle	
Detailed	3	
Item material	REDAELLI_FLC	
Fabrication	general	
Buckling y-y, z-z	b	b
FEM analysis	x	
Picture		
A [m ²]	8,6182e-04	
A y, z [m ²]	7,3255e-04	7,3255e-04
I y, z [m ⁴]	5,9106e-08	5,9106e-08
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	1,1821e-07
Wel y, z [m ³]	3,5682e-06	3,5682e-06
Wpl y, z [m ³]	6,0582e-06	6,0582e-06
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,0407e-01	

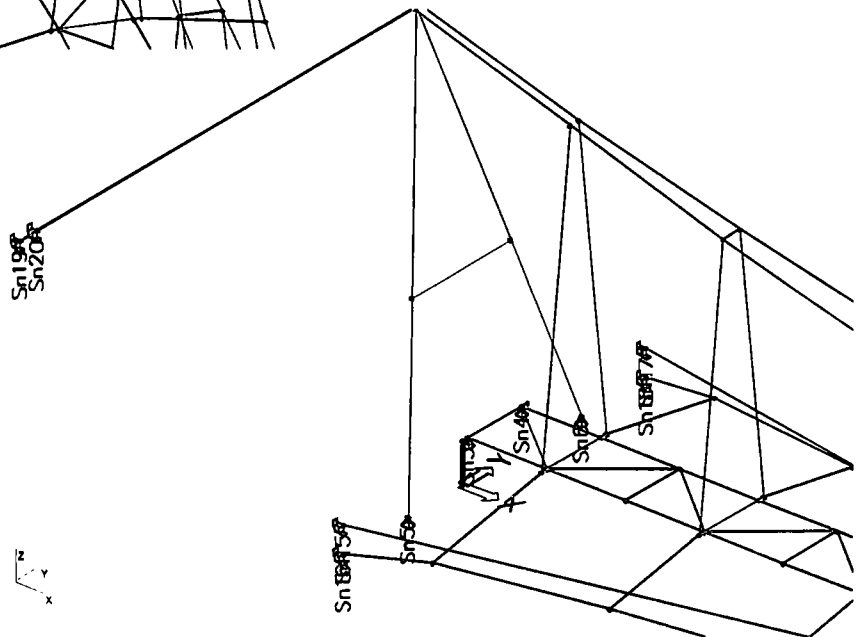
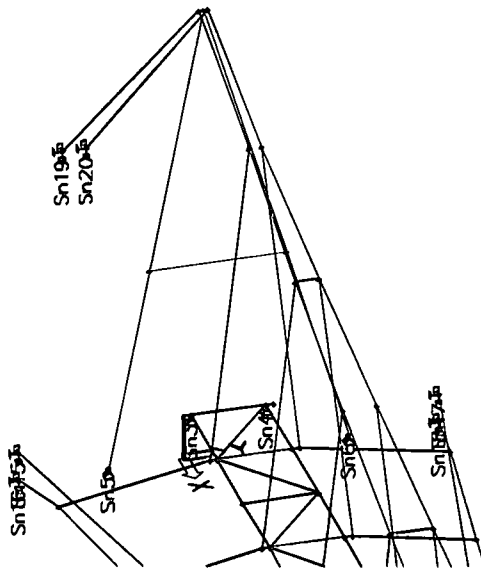
Name	OSS_12	
Type	Circle	
Detailed	1	
Item material	REDAELLI_OSS	
Fabrication	general	
Buckling y-y, z-z	b	b
FEM analysis	*	
Picture		
A [m ²]	8,7970e-05	
A y, z [m ²]	7,4775e-05	7,4775e-05
I y, z [m ⁴]	6,1600e-10	6,1567e-10
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	1,2317e-09
Wel y, z [m ³]	1,1639e-07	1,1633e-07
Wpl y, z [m ³]	1,9758e-07	1,9758e-07
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	0	0
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	3,3252e-02	
Name	IPE 400	
Type	IPE400	
Source description	Arcelor / Structural shapes / CD Edition 01-2004	
Item material	S 355	
Fabrication	rolled	
Buckling y-y, z-z	a	b
Picture		
A [m ²]	8,4500e-03	
A y, z [m ²]	4,2989e-03	3,3045e-03
I y, z [m ⁴]	2,3130e-04	1,3180e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	4,9000e-07	5,1080e-07
Wel y, z [m ³]	1,1560e-03	1,4640e-04
Wpl y, z [m ³]	1,3070e-03	2,2900e-04
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	9	20
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,4666e+00	

Name	IPE 270	
Type	IPE270	
Source description	Arcelor / Structural shapes / CD Edition 01-2004	
Item material	S 355	
Fabrication	rolled	
Buckling y-y, z-z	a	b
Picture		
A [m ²]	4,5900e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,4057e-03	1,6882e-03
I _{y, z} [m ⁴]	5,7900e-05	4,1990e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	7,0580e-08	1,5940e-07
W _{el y, z} [m ³]	4,2890e-04	6,2200e-05
W _{pl y, z} [m ³]	4,8400e-04	9,6950e-05
d _{y, z} [cm]	0	0
c _{YLCS, ZLCS} [cm]	7	14
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,0409e+00	
Name	Vrocevaljani 400x320x6.3	
Type	O	
Detailed	32; 1; 40; 1	
Item material	S 355	
Fabrication	general	
Buckling y-y, z-z	a	a
FEM analysis	x	
Picture		
A [m ²]	8,9132e-03	
A _{y, z} [m ²]	3,9614e-03	4,9518e-03
I _{y, z} [m ⁴]	2,1730e-04	1,5451e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	2,6693e-04
W _{el y, z} [m ³]	1,0865e-03	9,6569e-04
W _{pl y, z} [m ³]	1,2664e-03	1,0882e-03
d _{y, z} [cm]	0	0
c _{YLCS, ZLCS} [cm]	-15	19
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,4400e+00	

Name	260x180x10	
Type	RHSCF260/180/10.0	
Source description	British Standard / BS EN 10219-2:1997 / Part 2	
Item material	S 355	
Fabrication	cold formed	
Buckling y-y, z-z	c	c
Picture		
A [m ²]	8,0600e-03	
A y, z [m ²]	3,2973e-03	4,7627e-03
I y, z [m ⁴]	7,3630e-05	4,1740e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	4,0154e-07	8,8500e-05
Wel y, z [m ³]	5,6600e-04	4,6400e-04
Wpl y, z [m ³]	7,3607e-04	5,6807e-04
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	9	13
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	8,5413e-01	
Name	IPE200	
Type	IPE200	
Source description	Arcelor / Structural shapes / CD Edition 01-2004	
Item material	S 355	
Fabrication	rolled	
Buckling y-y, z-z	a	b
Picture		
A [m ²]	2,8500e-03	
A y, z [m ²]	1,4862e-03	1,0559e-03
I y, z [m ⁴]	1,9430e-05	1,4240e-06
I w [m ⁶], t [m ⁴]	1,2990e-08	6,9800e-08
Wel y, z [m ³]	1,9430e-04	2,8470e-05
Wpl y, z [m ³]	2,2060e-04	4,4610e-05
d y, z [cm]	0	0
c YLCS, ZLCS [cm]	5	10
alpha [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	7,6810e-01	

5.4 DEFINICIJE PODPOR

Name	Node	System	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	N41	GCS	Standard	Free	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn2	N82	GCS	Standard	Free	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn3	N1	GCS	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn4	N42	GCS	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn5	N134	GCS	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn6	N136	GCS	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn7	N131	GCS	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn8	N133	GCS	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free	Free
Sn9	N192	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn10	N217	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn11	N194	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn12	N240	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn13	N164	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn14	N188	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn15	N191	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn16	N195	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn17	N193	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn18	N218	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn19	N141	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid
Sn20	N165	LCS of node	Standard	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid



5.5 OBTEŽNI PRIMERI IN NELINEARNE KOMBINACIJE

Name	Action type	LoadGroup	Load type	Spec	Direction	Duration	Master load case
LT	Permanent	LT	Self weight		-Z		
SO	Permanent	SO	Standard				
P-V	Variable	PROMET	Static	Standard		Short	None
P-H	Variable	PROMET	Static	Standard		Short	None
OGRAJA	Variable	OGRAJA	Static	Standard		Short	None
T1	Variable	T	Static	Temperature			None
T2	Variable	T	Static	Temperature			None
T3	Variable	T	Static	Temperature			None
T4	Variable	T	Static	Temperature			None
T5	Variable	T	Static	Temperature			None
T6	Variable	T	Static	Temperature			None
T7	Variable	T	Static	Temperature			None
T8	Variable	T	Static	Temperature			None
V-Y+	Variable	VETER	Static	Standard		Short	None
V-Y-	Variable	VETER	Static	Standard		Short	None

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
MSN1	Ultimate	LT SO	1,35 1,35
MSN2	Ultimate	LT SO	1,00 1,00
MSN3	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50
MSN4	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T1	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN5	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T2	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN6	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T3	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN7	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T4	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN8	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T5	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN9	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T6	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90

MSN10	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T7	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN11	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T8	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN12	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50
MSN13	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T1	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN14	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T2	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN15	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T3	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN16	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T4	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,90
MSN17	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T5	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,90

MSN18	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	1,50
		P-H	1,50
		OGRAJA	1,50
		T6	0,90
MSN19	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	1,50
		P-H	1,50
		OGRAJA	1,50
		T7	0,90
MSN20	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	1,50
		P-H	1,50
		OGRAJA	1,50
		T8	0,90
MSN21	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T1	1,50
MSN22	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T2	1,50
MSN23	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T3	1,50
MSN24	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T4	1,50
MSN25	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T5	1,50
MSN26	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T6	1,50
MSN27	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T7	1,50
MSN28	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		T8	1,50
MSN29	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T1	1,50
MSN30	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T2	1,50
MSN31	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T3	1,50
MSN32	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T4	1,50
MSN33	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T5	1,50
MSN34	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35

		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T6	1,50
MSN35	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T7	1,50
MSN36	Ultimate	LT	1,35
		SO	1,35
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T8	1,50
MSN37	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T1	1,50
MSN38	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T2	1,50
MSN39	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T3	1,50
MSN40	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T4	1,50
MSN41	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T5	1,50
MSN42	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T6	1,50
MSN43	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T7	1,50
MSN44	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		T8	1,50
MSN45	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T1	1,50
MSN46	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T2	1,50
MSN47	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T3	1,50
MSN48	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T4	1,50
MSN49	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	0,60
		P-H	0,60
		OGRAJA	0,60
		T5	1,50
MSN50	Ultimate	LT	1,00
		SO	1,00
		P-V	0,60
		P-H	0,60

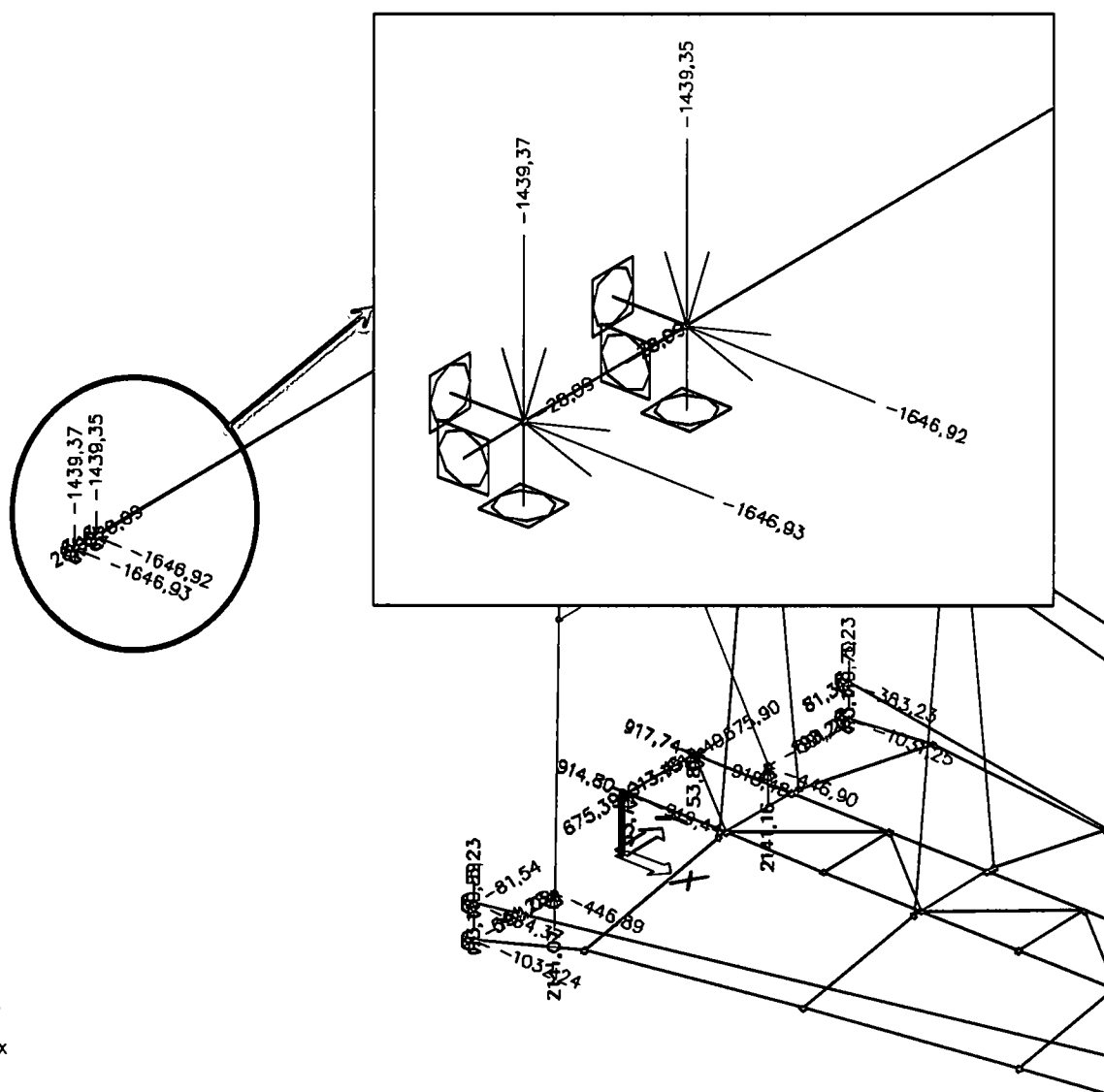
		OGRAJA T6	0,60 1,50
MSN51	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T7	1,00 1,00 0,60 0,60 0,60 1,50
MSN52	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA T8	1,00 1,00 0,60 0,60 0,60 1,50
MSN53	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y+	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,45
MSN54	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y-	1,35 1,35 1,50 1,50 1,50 0,45
MSN55	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y+	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,45
MSN56	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y-	1,00 1,00 1,50 1,50 1,50 0,45
MSN57	Ultimate	LT SO V-Y+	1,35 1,35 1,50
MSN58	Ultimate	LT SO V-Y-	1,35 1,35 1,50
MSN59	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y+	1,35 1,35 0,60 0,60 0,60 1,50

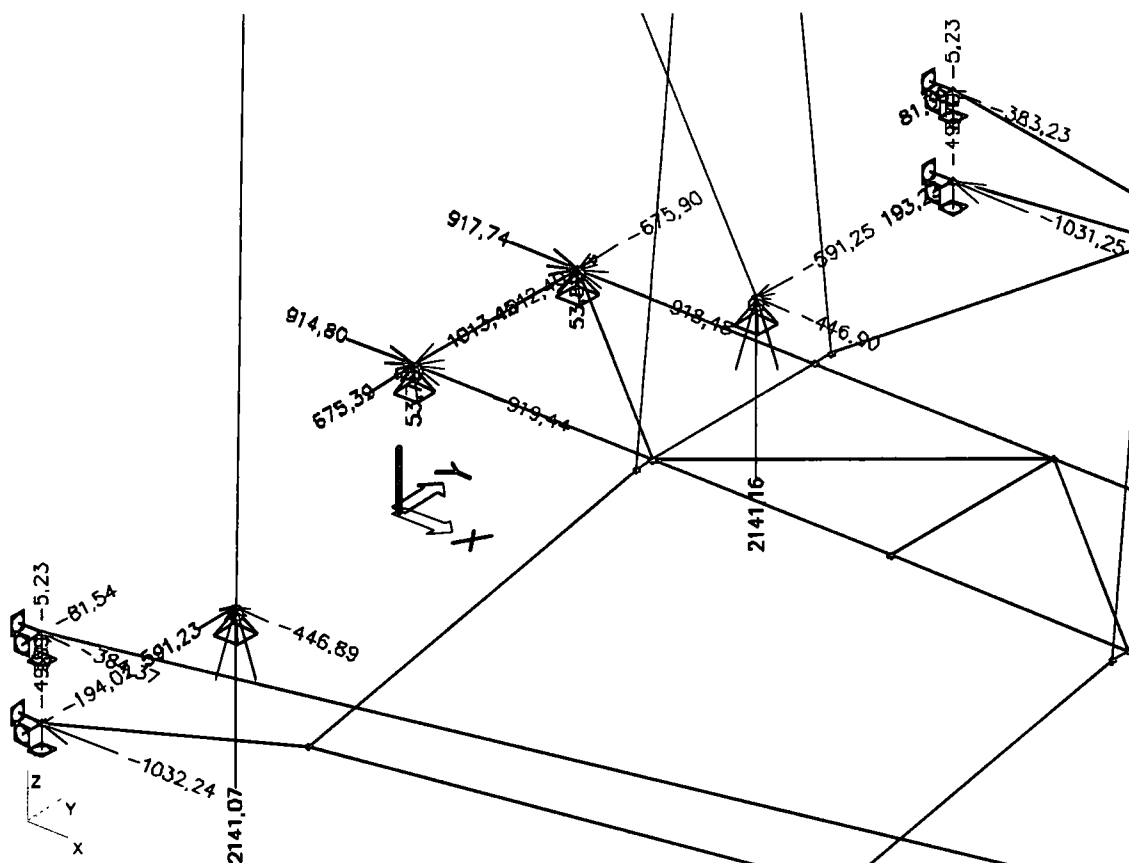
MSN60	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y-	1,35 1,35 0,60 0,60 0,60 1,50
MSN61	Ultimate	LT SO V-Y+	1,00 1,00 1,50
MSN62	Ultimate	LT SO V-Y-	1,00 1,00 1,50
MSN63	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y+	1,00 1,00 0,60 0,60 0,60 1,50
MSN64	Ultimate	LT SO P-V P-H OGRAJA V-Y-	1,00 1,00 0,60 0,60 0,60 1,50
MSU-KVAZI1	Serviceability	LT SO	1,00 1,00
MSU-KVAZI2	Serviceability	LT SO T1	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI3	Serviceability	LT SO T2	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI4	Serviceability	LT SO T3	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI5	Serviceability	LT SO T4	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI6	Serviceability	LT SO T5	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI7	Serviceability	LT SO T6	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI8	Serviceability	LT SO T7	1,00 1,00 0,50
MSU-KVAZI9	Serviceability	LT SO T8	1,00 1,00 0,50

5.6 REZULTATI RAČUNSKE ANALIZE

Opomba: V analizi je bilo upoštevano prednapetje glavnih nosilnih vrvi (prednapetje za lastno in stalno obtežbo), paraboličnih zavetrovalnih vrvi (cca. 540 kN), ter dodatnih zavetrovalnih vrvi (cca. 270 kN)!

5.6.1. Reakcije v podporah





Nonlinear calculation, Extreme : Node

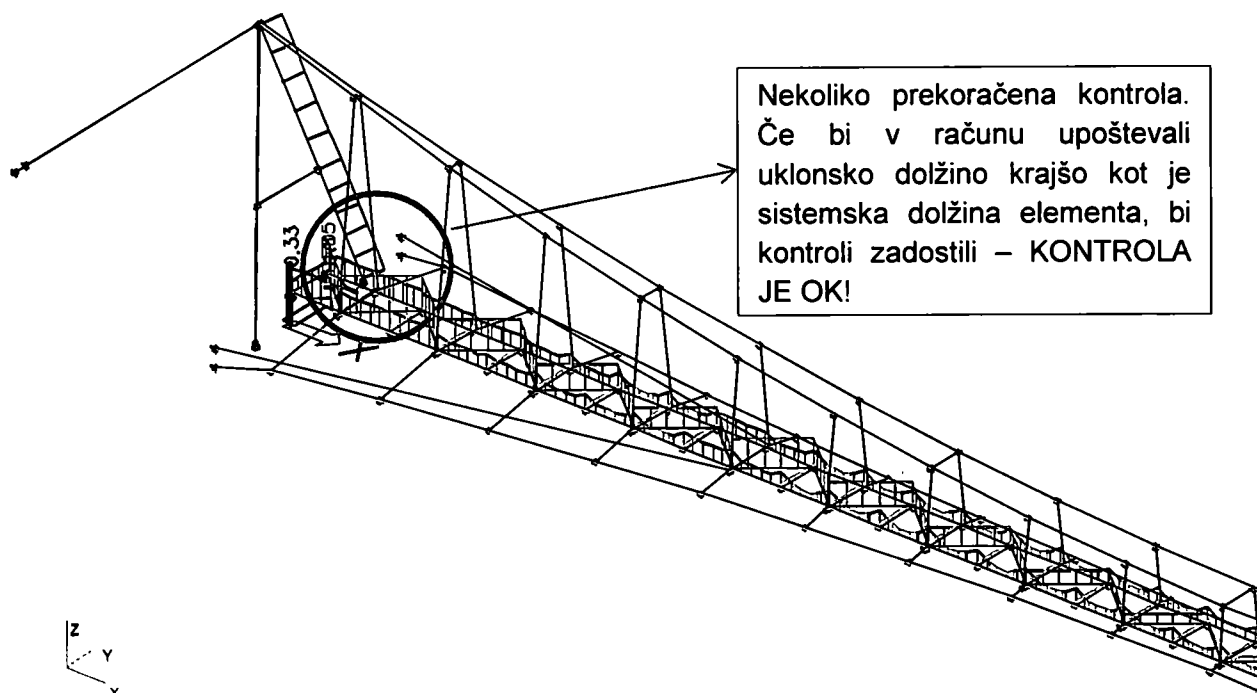
Selection : All

Class : MSN_NL

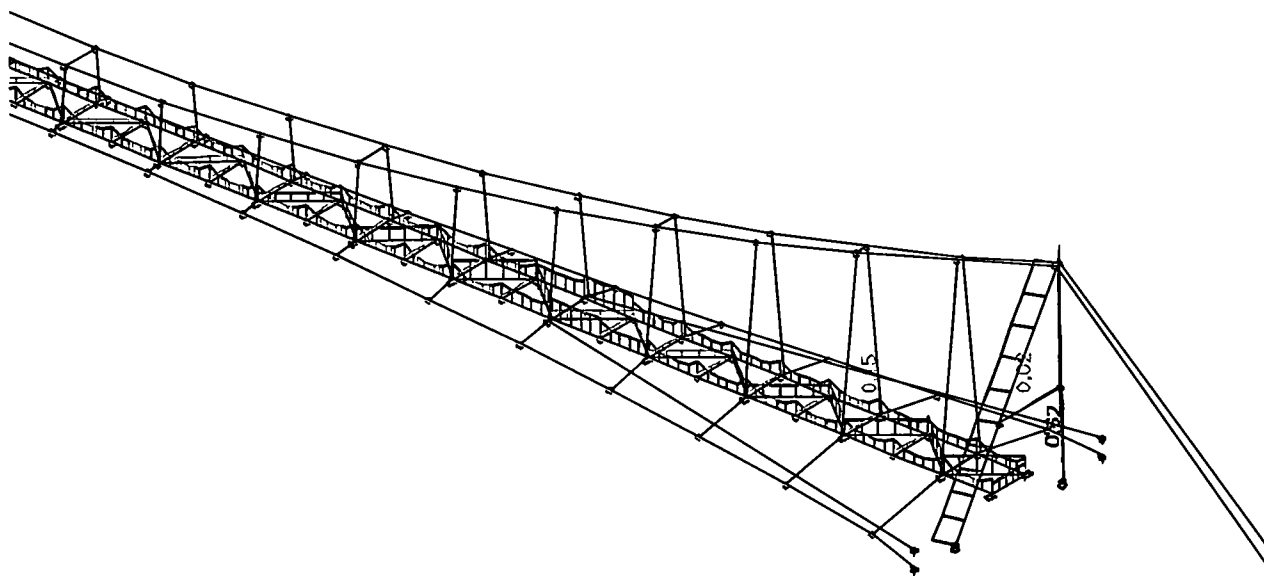
Support	Case	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn1/N41	MSN1	0,00	0,00	12,78	0,00	0,00	0,00
Sn1/N41	MSN22	0,00	-1011,84	13,45	0,00	0,00	0,00
Sn1/N41	MSN49	0,00	675,30	18,08	0,00	0,00	0,00
Sn1/N41	MSN62	0,00	-40,11	5,86	0,00	0,00	0,00
Sn1/N41	MSN53	0,00	-3,99	43,11	0,00	0,00	0,00
Sn2/N82	MSN1	0,00	0,01	12,81	0,00	0,00	0,00
Sn2/N82	MSN49	0,00	-675,53	18,12	0,00	0,00	0,00
Sn2/N82	MSN42	0,00	1012,36	7,64	0,00	0,00	0,00
Sn2/N82	MSN61	0,00	-7,40	5,80	0,00	0,00	0,00
Sn2/N82	MSN6	0,00	-142,89	43,21	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN59	-919,44	-6,15	40,22	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN62	914,80	4,51	5,35	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN22	-199,97	-1012,40	13,77	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN49	137,57	675,39	15,94	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN58	909,82	4,50	4,97	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN53	-366,18	-1,07	53,75	0,00	0,00	0,00
Sn3/N1	MSN1	28,34	0,06	12,61	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN60	-918,48	109,32	40,48	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN61	917,74	-107,92	5,53	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN49	142,86	-675,90	15,95	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN42	-207,43	1013,45	7,00	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN57	912,64	-107,83	5,18	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN54	-367,72	31,50	53,82	0,00	0,00	0,00
Sn4/N42	MSN1	28,57	-0,08	12,65	0,00	0,00	0,00
Sn5/N134	MSN9	-446,89	591,23	2141,07	0,00	0,00	0,00
Sn5/N134	MSN37	-163,78	217,87	779,81	0,00	0,00	0,00
Sn5/N134	MSN1	-216,35	285,23	1032,32	0,00	0,00	0,00
Sn6/N136	MSN9	-446,90	-591,25	2141,16	0,00	0,00	0,00
Sn6/N136	MSN37	-163,77	-217,85	779,74	0,00	0,00	0,00

Sn6/N136	MSN1	-216,34	-285,22	1032,30	0,00	0,00	0,00
Sn7/N131	MSN37	163,23	217,15	777,21	0,00	0,00	0,00
Sn7/N131	MSN9	448,37	593,21	2148,21	0,00	0,00	0,00
Sn7/N131	MSN1	216,25	285,09	1031,84	0,00	0,00	0,00
Sn8/N133	MSN37	163,22	-217,14	777,17	0,00	0,00	0,00
Sn8/N133	MSN9	448,35	-593,21	2148,20	0,00	0,00	0,00
Sn8/N133	MSN1	216,24	-285,09	1031,82	0,00	0,00	0,00
Sn9/N192	MSN45	49,72	-10,14	0,65	0,00	0,00	0,00
Sn9/N192	MSN38	475,14	-96,71	-8,30	0,00	0,00	0,00
Sn9/N192	MSN64	52,58	-8,58	0,47	0,00	0,00	0,00
Sn9/N192	MSN53	299,15	-62,00	3,78	0,00	0,00	0,00
Sn9/N192	MSN1	212,71	-43,34	-1,42	0,00	0,00	0,00
Sn10/N217	MSN33	557,28	-103,85	-14,80	0,00	0,00	0,00
Sn10/N217	MSN38	1037,59	-194,62	-49,69	0,00	0,00	0,00
Sn10/N217	MSN8	573,29	-105,62	-10,16	0,00	0,00	0,00
Sn10/N217	MSN1	763,42	-142,98	-29,36	0,00	0,00	0,00
Sn11/N194	MSN45	49,76	10,15	0,64	0,00	0,00	0,00
Sn11/N194	MSN38	474,88	96,65	-8,30	0,00	0,00	0,00
Sn11/N194	MSN63	52,37	8,54	0,47	0,00	0,00	0,00
Sn11/N194	MSN54	298,94	61,96	3,78	0,00	0,00	0,00
Sn11/N194	MSN1	212,66	43,33	-1,42	0,00	0,00	0,00
Sn12/N240	MSN33	557,88	104,09	-14,85	0,00	0,00	0,00
Sn12/N240	MSN38	1036,60	194,10	-49,56	0,00	0,00	0,00
Sn12/N240	MSN8	573,50	105,73	-10,18	0,00	0,00	0,00
Sn12/N240	MSN1	763,45	142,97	-29,36	0,00	0,00	0,00
Sn13/N164	MSN37	592,57	-10,09	-518,50	0,00	0,00	0,00
Sn13/N164	MSN9	1650,65	-28,02	-1442,60	0,00	0,00	0,00
Sn13/N164	MSN53	1628,60	-28,11	-1423,72	0,00	0,00	0,00
Sn13/N164	MSN62	628,65	-9,23	-550,03	0,00	0,00	0,00
Sn13/N164	MSN1	785,14	-13,37	-686,34	0,00	0,00	0,00
Sn14/N188	MSN37	592,57	10,09	-518,50	0,00	0,00	0,00
Sn14/N188	MSN9	1650,63	28,02	-1442,59	0,00	0,00	0,00
Sn14/N188	MSN61	628,50	9,22	-549,90	0,00	0,00	0,00
Sn14/N188	MSN54	1628,58	28,11	-1423,70	0,00	0,00	0,00
Sn14/N188	MSN1	785,14	13,37	-686,34	0,00	0,00	0,00
Sn15/N191	MSN61	-384,37	-81,54	-5,23	0,00	0,00	0,00
Sn15/N191	MSN60	-99,64	-18,12	0,81	0,00	0,00	0,00
Sn15/N191	MSN53	-236,82	-49,06	3,11	0,00	0,00	0,00
Sn15/N191	MSN1	-240,22	-48,94	-1,72	0,00	0,00	0,00
Sn16/N195	MSN38	-1032,24	-194,02	-49,89	0,00	0,00	0,00
Sn16/N195	MSN33	-559,51	-104,03	-14,69	0,00	0,00	0,00
Sn16/N195	MSN8	-573,83	-105,76	-10,23	0,00	0,00	0,00
Sn16/N195	MSN1	-763,98	-143,02	-29,33	0,00	0,00	0,00
Sn17/N193	MSN62	-383,23	81,30	-5,23	0,00	0,00	0,00
Sn17/N193	MSN59	-99,78	18,15	0,81	0,00	0,00	0,00
Sn17/N193	MSN54	-236,34	48,95	3,11	0,00	0,00	0,00
Sn17/N193	MSN1	-240,20	48,93	-1,72	0,00	0,00	0,00
Sn18/N218	MSN38	-1031,25	193,23	-49,70	0,00	0,00	0,00
Sn18/N218	MSN33	-560,12	104,36	-14,76	0,00	0,00	0,00
Sn18/N218	MSN8	-574,04	105,86	-10,26	0,00	0,00	0,00
Sn18/N218	MSN1	-764,01	143,04	-29,33	0,00	0,00	0,00
Sn19/N141	MSN9	-1646,93	-27,96	-1439,37	0,00	0,00	0,00
Sn19/N141	MSN37	-593,96	-10,12	-519,73	0,00	0,00	0,00
Sn19/N141	MSN53	-1627,56	-28,09	-1422,81	0,00	0,00	0,00
Sn19/N141	MSN62	-628,90	-9,23	-550,25	0,00	0,00	0,00
Sn19/N141	MSN1	-785,41	-13,37	-686,58	0,00	0,00	0,00
Sn20/N165	MSN9	-1646,92	27,96	-1439,35	0,00	0,00	0,00
Sn20/N165	MSN37	-593,96	10,12	-519,73	0,00	0,00	0,00
Sn20/N165	MSN61	-628,75	9,23	-550,12	0,00	0,00	0,00
Sn20/N165	MSN54	-1627,54	28,09	-1422,79	0,00	0,00	0,00
Sn20/N165	MSN1	-785,41	13,37	-686,58	0,00	0,00	0,00

5.6.2. Kontrole elementov prekladne konstrukcije in pilonov



Grafična kontrola izkoriščenosti prerezov – LEVI DEL



Grafična kontrola izkoriščenosti prerezov – DESNI DEL

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B1	IPE400	S 355	MSN60	0.71
-----------	--------	-------	-------	------

Basic data EC3 : EN 1993	
partial safety factor Gamma M0 for resistance of cross-sections	1.00
partial safety factor Gamma M1 for resistance to instability	1.00
partial safety factor Gamma M2 for resistance of net sections	1.25

Material data		
yield strength fy	355000.00	kN/m^2
tension strength fu	510000.00	kN/m^2
fabrication	rolled	

SECTION CHECK

Width-to-thickness ratio for internal compression parts (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 1).

ratio 38.49 on position 0.00 m

ratio		
maximum ratio 1	26.85	
maximum ratio 2	30.92	
maximum ratio 3	34.94	

==> Class cross-section 4

Width-to-thickness ratio for outstand flanges (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 2).

ratio 4.79 on position 0.00 m

ratio		
maximum ratio 1	7.32	
maximum ratio 2	8.14	
maximum ratio 3	11.42	

==> Class cross-section 1

The critical check is on position 3.00 m

Internal forces		
N _{Ed}	-856.90	kN
V _{y,Ed}	-4.30	kN
V _{z,Ed}	9.48	kN
T _{Ed}	1.43	kNm
M _{y,Ed}	41.75	kNm
M _{z,Ed}	-3.48	kNm

Compression check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.4 and formula EN 1993-1-1 : (6.9)

Section classification is 3.

Table of values		
N _{c,Rd}	2999.75	kN
unity check	0.29	

Torsion check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.7. and formula EN 1993-1-1 : (6.23)

Table of values		
tau t,Rd	205900.00	kN/m^2
tau t, Ed	37812.21	kN/m^2
unity check	0.18	

Shear check (Vy)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. & 6.2.7 and formula EN 1993-1-1 : (6.25)

Table of values		
V _{c,Rd}	992.38	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. & 6.2.7 and formula EN 1993-1-1 : (6.25)

Table of values		
V _{c,Rd}	808.92	kN
unity check	0.01	

Bending moment check (My)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 3.

Table of values		
M _{c,Rd}	410.38	kNm
unity check	0.10	

Bending moment check (Mz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 3.

Table of values		
M _{c,Rd}	51.97	kNm
unity check	0.07	

Combined bending, axial force and shear force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2 and formula EN 1993-1-1: (6.1)

Section classification is 3.

Table of values		
sigma N	101407.88	kN/m^2
sigma Myy	36098.43	kN/m^2
sigma Mzz	23761.94	kN/m^2
Tau y	-0.00	kN/m^2
Tau z	0.00	kN/m^2
Tau t	37812.21	kN/m^2

ro 0.00 place 13

unity check 0.49

Element satisfies the section check !

STABILITY CHECK

Calculation effective area properties with direct method.

Properties					
sectional area A	77.4	cm ²			
eff					
Shear area Vy eff	48.6	cm ²	Vz eff	28.8	cm ²
radius of gyration iy eff	16.8	cm	iz eff	4.1	cm
moment of inertia Iy eff	21876.5	cm ⁴	Iz eff	1314.2	cm ⁴
elastic section modulus Wy eff	1093.8	cm ³	Wz eff	146.0	cm ³
Eccentricity eny	-0.0	cm	enz	-0.0	cm

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	18.13	75.96	
Reduced slenderness	0.23	0.95	
Buckling curve	a	b	
Imperfection	0.21	0.34	
Reduction factor	0.99	0.63	
Length	3.00	3.00	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	3.00	3.00	m
Critical Euler load	53266.25	3035.23	kN

Buckling check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.46)

Table of values		
Nb.Rd	1725.30	kN
unity check	0.50	

LTB check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.54)

Table of values		
Mb.Rd	388.31	kNm
Wy	1093.82	cm ³
reduction	1.00	
imperfection	0.34	
reduced slenderness	0.54	
method for LTB curve	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	1338.28	kNm
unity check	0.11	

LTB		
LTB length	3.00	m
k	1.00	

kw	1.00	
C1	1.96	
C2	0.05	
C3	0.94	

load in center of gravity

Compression and bending check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and formula EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interaction Method 1

Table of values		
kyy	1.306	
kyz	1.079	
kzy	1.140	
kzz	0.941	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	77.36	cm ²
Wy	1093.82	cm ³
Wz	146.02	cm ³
NRk	2746.38	kN
My,Rk	388.31	kNm
Mz,Rk	51.84	kNm
My,Ed	41.75	kNm
Mz,Ed	5.26	kNm
Interaction Method 1		
Mcr0	683.88	kNm
reduced slenderness 0	0.75	
Cmy,0	0.995	
Cmz,0	0.774	
Cmy	0.997	
Cmz	0.774	
CmLT	1.289	
muy	1.000	
muz	0.872	
wy	1.131	
wz	1.500	
npl	0.312	
aLT	0.998	
bLT	0.002	
cLT	0.088	
dLT	0.012	
eLT	0.126	
Cyy	0.975	
Cyz	1.112	
Czy	0.802	
Czz	1.064	

$$\text{unity check} = 0.31 + 0.14 + 0.11 = 0.56$$

$$\text{unity check} = 0.50 + 0.12 + 0.10 = 0.71$$

Element satisfies the stability check !

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B81	IPE200	S 355	MSN59	1.05
------------	--------	-------	-------	------

Basic data EC3 : EN 1993	
partial safety factor Gamma M0 for resistance of cross-sections	1.00
partial safety factor Gamma M1 for resistance to instability	1.00
partial safety factor Gamma M2 for resistance of net sections	1.25

Material data		
yield strength fy	355000.00	kN/m^2
tension strength fu	510000.00	kN/m^2
fabrication	rolled	

SECTION CHECK

Width-to-thickness ratio for internal compression parts (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 1).
ratio 28.39 on position 0.00 m

ratio		
maximum ratio 1	26.85	
maximum ratio 2	30.92	
maximum ratio 3	39.58	

==> Class cross-section 2

Width-to-thickness ratio for outstand flanges (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 2).
ratio 4.14 on position 0.00 m

ratio		
maximum ratio 1	7.32	
maximum ratio 2	8.14	
maximum ratio 3	11.29	

==> Class cross-section 1

The critical check is on position 3.91 m

Internal forces		
N _{Ed}	-167.90	kN
V _{y,Ed}	0.13	kN
V _{z,Ed}	-4.56	kN
T _{Ed}	0.00	kNm
M _{y,Ed}	0.11	kNm
M _{z,Ed}	0.21	kNm

Compression check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.4 and formula EN 1993-1-1 : (6.9)

Section classification is 2.

Table of values		
N _{c,Rd}	1011.75	kN
unity check	0.17	

Shear check (V_y)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
V _{c,Rd}	374.09	kN
unity check	0.00	

Shear check (V_z)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
V _{c,Rd}	287.27	kN
unity check	0.02	

Bending moment check (M_y)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 2.

Table of values		
M _{c,Rd}	78.31	kNm
unity check	0.00	

Bending moment check (M_z)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 2.

Table of values		
M _{c,Rd}	15.84	kNm
unity check	0.01	

Combined bending, axial force and shear force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.41)

Section classification is 2.

Table of values		
MN _{Vy,Rd}	78.31	kNm
MN _{Vz,Rd}	15.84	kNm

alfa 2.00 beta 1.00

unity check 0.01

Element satisfies the section check !

STABILITY CHECK

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	47.30	174.70	
Reduced slenderness	0.62	2.29	
Buckling curve	a	b	
Imperfection	0.21	0.34	
Reduction factor	0.88	0.16	
Length	3.91	3.91	m
Buckling factor	1.00	1.00	

Buckling length	3.91	3.91	m
Critical Euler load	2640.72	193.53	kN

Buckling check
according to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and
formula EN 1993-1-1 : (6.46)

Table of values		
Nb.Rd	166.49	kN
unity check	1.01	

LTB check
according to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and
formula EN 1993-1-1 : (6.54)

Table of values		
Mb.Rd	78.31	kNm
Wy	220.60	cm ³
reduction	1.00	
imperfection	0.21	
reduced slenderness	1.18	
method for LTB curve	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	56.02	kNm
unity check	0.00	

LTB		
LTB length	3.91	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.48	
C2	0.93	
C3	2.64	

load in center of gravity
Compression and bending check
according to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and
formula EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)
Interaction Method 1

Table of values		
kyy	3.573	
kyz	2.225	
kzy	0.556	
kzz	0.482	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	28.50	cm ²
Wy	220.60	cm ³
Wz	44.61	cm ³
NRk	1011.75	kN
My,Rk	78.31	kNm
Mz,Rk	15.84	kNm
My,Ed	5.17	kNm
Mz,Ed	0.30	kNm
Interaction Method 1		
Mcr0	37.85	kNm

reduced slenderness 0	1.44	
Cmy,0	0.995	
Cmz,0	0.430	
Cmy	0.997	
Cmz	0.430	
CmLT	2.979	
muy	0.992	
muz	0.155	
wy	1.135	
wz	1.500	
npl	0.166	
aLT	0.996	
bLT	0.001	
cLT	0.042	
dLT	0.000	
eLT	0.006	
Cyy	0.881	
Cyz	0.997	
Czy	0.460	
Czz	1.040	

unity check = 0.19 + 0.24 + 0.04 = 0.47
unity check = 1.01 + 0.04 + 0.01 = 1.05
Element does NOT satisfy the stability check !

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B122	O (32; 1; 40; 1)	S 355	MSN34	0.33
-------------	------------------	-------	-------	------

Basic data EC3 : EN 1993	
partial safety factor Gamma M0 for resistance of cross-sections	1.00
partial safety factor Gamma M1 for resistance to instability	1.00
partial safety factor Gamma M2 for resistance of net sections	1.25

Material data		
yield strength fy	355000.00	kN/m ²
tension strength fu	510000.00	kN/m ²
fabrication	rolled	

SECTION CHECK

The critical check is on position 0.25 m

Internal forces		
NEd	1010.77	kN
Vy,Ed	1.75	kN
Vz,Ed	3.98	kN
TEd	0.13	kNm
My,Ed	-1.48	kNm
Mz,Ed	-2.23	kNm

Normal force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.3. and
formula EN 1993-1-1 : (6.5)

Table of values		
Nt,Rd	3164.20	kN
unity check	0.32	

Shear check (Vy)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	811.93	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	1014.92	kN
unity check	0.00	

Bending moment check (My)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 3.

Table of values		
Mc,Rd	385.71	kNm
unity check	0.00	

Bending moment check (Mz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 3.

Table of values		
Mc,Rd	342.82	kNm
unity check	0.01	

Combined bending, axial force and shear force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2 and formula EN 1993-1-1: (6.1)

Section classification is 3.

Table of values		
sigma N	-113400.84	kN/m ²
sigma Myy	-1365.38	kN/m ²
sigma Mzz	-2307.15	kN/m ²
Tau y	0.00	kN/m ²
Tau z	0.00	kN/m ²
Tau t	86.69	kN/m ²

ro 0.00 place 3

unity check 0.33

Element satisfies the section check !

STABILITY CHECK

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	16.01	18.99	
Reduced slenderness	0.21	0.25	
Buckling curve	a	a	
Imperfection	0.21	0.21	
Reduction factor	1.00	0.99	
Length	2.50	2.50	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	2.50	2.50	m
Critical Euler load	72060.93	51238.55	kN

LTB check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.54)

Table of values		
Mb,Rd	385.71	kNm
Wy	1086.50	cm ³
reduction	1.00	
imperfection	0.76	
reduced slenderness	0.11	
method for LTB curve	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	33236.11	kNm
unity check	0.00	

LTB		
LTB length	2.50	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.91	
C2	0.23	
C3	2.64	

load in center of gravity

Compression and bending check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and formula EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interaction Method 1

Table of values		
kyy	1.000	
kyz	1.000	
kzy	1.000	
kzz	1.000	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	89.13	cm ²
Wy	1086.50	cm ³
Wz	965.69	cm ³
NRk	3164.20	kN
My,Rk	385.71	kNm
Mz,Rk	342.82	kNm
My,Ed	2.12	kNm
Mz,Ed	2.23	kNm

Interaction Method 1		
Mcr0	33236.11	kNm
reduced slenderness 0	0.11	
Cmy,0	1.000	
Cmz,0	1.000	
Cmy	1.000	
Cmz	1.000	
CmLT	1.000	
muy	1.000	
muz	1.000	
wy	1.166	
wz	1.127	
npl	0.000	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	1.000	
Cyz	1.000	
Czy	1.000	
Czz	1.000	

unity check = 0.00 + 0.01 + 0.01 = 0.01

unity check = 0.00 + 0.01 + 0.01 = 0.01

Element satisfies the stability check !

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B141	IPE270	S 355	MSN11	0.15
-------------	--------	-------	-------	------

Basic data EC3 : EN 1993	
partial safety factor Gamma M0 for resistance of cross-sections	1.00
partial safety factor Gamma M1 for resistance to instability	1.00
partial safety factor Gamma M2 for resistance of net sections	1.25

Material data		
yield strength fy	355000.00	kN/m^2
tension strength fu	510000.00	kN/m^2
fabrication	rolled	

SECTION CHECK

Width-to-thickness ratio for internal compression parts (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 1).

ratio 33.27 on position 2.75 m

ratio		
maximum ratio	1	58.93
maximum ratio	2	67.93
maximum ratio	3	100.91

==> Class cross-section 1

Width-to-thickness ratio for outstand flanges (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 2).

ratio 4.82 on position 2.75 m

ratio		
maximum ratio	1	7.32
maximum ratio	2	8.14
maximum ratio	3	11.40

==> Class cross-section 1

The critical check is on position 3.00 m

Internal forces		
NEd	3.05	kN
Vy,Ed	2.50	kN
Vz,Ed	-69.30	kN
TEd	0.00	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm

Normal force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.3. and formula EN 1993-1-1 : (6.5)

Table of values		
Nt,Rd	1629.45	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vy)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	603.12	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	452.82	kN
unity check	0.15	

Combined bending, axial force and shear force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.31)

Section classification is 1.

Table of values		
MNVy,Rd	171.82	kNm
MNVz,Rd	34.42	kNm

alfa 2.00 beta 1.00

unity check 0.00

Element satisfies the section check !

STABILITY CHECK

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	26.71	8.27	
Reduced slenderness	0.35	0.11	
Buckling curve	a	b	
Imperfection	0.21	0.34	
Reduction factor	0.97	1.00	
Length	3.00	0.25	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	3.00	0.25	m
Critical Euler load	13333.84	139246.70	kN

Compression and bending check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and formula EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interaction Method 1

Table of values		
kyy	1.000	
kyz	0.692	
kzy	0.521	
kzz	1.091	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	45.90	cm^2
Wy	484.00	cm^3
Wz	96.95	cm^3
NRk	1629.45	kN
My,Rk	171.82	kNm
Mz,Rk	34.42	kNm
My,Ed	17.31	kNm
Mz,Ed	0.63	kNm
Interaction Method 1		
Mcr0	18101.88	kNm
reduced slenderness 0	0.10	
Cmy,0	1.000	
Cmz,0	1.000	
Cmy	1.000	
Cmz	1.000	
CmLT	1.000	
muy	1.000	
muz	1.000	
wy	1.128	
wz	1.500	
npl	0.000	
aLT	0.997	
bLT	0.000	
cLT	0.002	
dLT	0.004	
eLT	0.166	
Cyy	1.000	
Cyz	0.999	
Czy	1.000	
Czz	0.917	

$$\text{unity check} = 0.00 + 0.10 + 0.01 = 0.11$$

$$\text{unity check} = 0.00 + 0.05 + 0.02 = 0.07$$

Element satisfies the stability check !

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B167	CFCHS711X10	S 235	MSN53	0.62
-------------	-------------	-------	-------	------

Basic data EC3 : EN 1993	
partial safety factor Gamma M0 for resistance of cross-sections	1.00
partial safety factor Gamma M1 for resistance to instability	1.00
partial safety factor Gamma M2 for resistance of net sections	1.25

Material data		
yield strength fy	235000.00	kN/m^2
tension strength fu	360000.00	kN/m^2
fabrication	cold formed	

SECTION CHECK

Width-to-thickness ratio for tubular sections (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 3).

ratio 71.10 on position 0.00 m

ratio		
maximum ratio 1	50.00	
maximum ratio 2	70.00	
maximum ratio 3	90.00	

==> Class cross-section 3

The critical check is on position 0.00 m

Internal forces		
NEd	-2263.33	kN
Vy,Ed	-3.18	kN
Vz,Ed	3.95	kN
TEd	-0.00	kNm
My,Ed	-0.00	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm

Compression check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.4 and formula EN 1993-1-1 : (6.9)

Section classification is 3.

Table of values		
Nc,Rd	5175.40	kN
unity check	0.44	

Shear check (Vy)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
-----------------	--	--

Vc,Rd	1902.23	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vz)
according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and
formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	1902.23	kN
unity check	0.00	

Combined bending, axial force and shear force check
according to article EN 1993-1-1: 6.2.9.2.& 6.2.10
and formula EN 1993-1-1: (6.42)
Section classification is 3.

Table of values		
sigma N	102771.00	kN/m^2
sigma Myy	0.00	kN/m^2
sigma Mzz	-0.00	kN/m^2

ro 0.00 place 11
unity check 0.44
Element satisfies the section check !
STABILITY CHECK

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	61.58	26.55	
Reduced slenderness	0.66	0.28	
Buckling curve	c	c	
Imperfection	0.49	0.49	
Reduction factor	0.75	0.96	
Length	15.26	6.58	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	15.26	6.58	m
Critical Euler load	12035.09	64752.69	kN

Buckling check
according to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and
formula EN 1993-1-1 : (6.46)

Table of values		
Nb.Rd	3891.20	kN
unity check	0.58	

Compression and bending check
according to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and
formula EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)
Interaction Method 1

Table of values		
kyy	1.140	
kyz	0.968	
kzy	1.203	
kzz	1.022	
Delta My	0.00	kNm

Delta Mz	0.00	kNm
A	220.23	cm^2
Wy	3805.95	cm^3
Wz	3805.95	cm^3
NRk	5175.40	kN
My,Rk	894.40	kNm
Mz,Rk	894.40	kNm
My,Ed	15.13	kNm
Mz,Ed	19.68	kNm
Interaction Method 1		
Mcr0	118949.78	kNm
reduced slenderness 0	0.09	
Cmy,0	0.978	
Cmz,0	0.988	
Cmy	0.978	
Cmz	0.988	
CmLT	1.000	
muy	0.946	
muz	0.998	
wy	1.291	
wz	1.291	
npl	0.437	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	1.091	
Cyz	1.046	
Czy	1.050	
Czz	1.087	

unity check = 0.58 + 0.02 + 0.02 = 0.62
unity check = 0.46 + 0.02 + 0.02 = 0.50
Element satisfies the stability check !

EC3 : EN 1993 Code Check

Member B171	CFCHS508X10	S 235	MSN34	0.02
-------------	-------------	-------	-------	------

Basic data EC3 : EN 1993	
partial safety factor Gamma M0 for resistance of cross-sections	1.00
partial safety factor Gamma M1 for resistance to instability	1.00
partial safety factor Gamma M2 for resistance of net sections	1.25

Material data		
yield strength fy	235000.00	kN/m^2
tension strength fu	360000.00	kN/m^2
fabrication	cold formed	

SECTION CHECK
Width-to-thickness ratio for tubular sections (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. sheet 3).

ratio 50.80 on position 0.00 m

ratio		
maximum ratio	1	50.00
maximum ratio	2	70.00
maximum ratio	3	90.00

==> Class cross-section 2

The critical check is on position 1.82 m

Internal forces		
NEd	-1.62	kN
Vy,Ed	-0.00	kN
Vz,Ed	0.73	kN
TEd	-0.02	kNm
My,Ed	12.87	kNm
Mz,Ed	-0.31	kNm

Warning: Torsion is not taken into account for this cross-section!

Compression check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.4 and formula EN 1993-1-1 : (6.9)

Section classification is 2.

Table of values		
Nc,Rd	3676.57	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vy)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	1351.34	kN
unity check	0.00	

Shear check (Vz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.6. and formula EN 1993-1-1 : (6.17)

Table of values		
Vc,Rd	1351.34	kN
unity check	0.00	

Bending moment check (My)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 2.

Table of values		
Mc,Rd	582.89	kNm
unity check	0.02	

Bending moment check (Mz)

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.5. and formula EN 1993-1-1 : (6.12)

Section classification is 2.

Table of values		
Mc,Rd	582.89	kNm
unity check	0.00	

Combined bending, axial force and shear force check

according to article EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.41)

Section classification is 2.

Table of values		
MNVy,Rd	582.89	kNm
MNVz,Rd	582.89	kNm

alfa 2.00 beta 2.00

unity check 0.00

Element satisfies the section check !

STABILITY CHECK

Buckling parameters	yy	zz	
type	sway	non-sway	
Slenderness	25.84	25.84	
Reduced slenderness	0.28	0.28	
Buckling curve	c	c	
Imperfection	0.49	0.49	
Reduction factor	0.96	0.96	
Length	4.55	4.55	m
Buckling factor	1.00	1.00	
Buckling length	4.55	4.55	m
Critical Euler load	48553.12	48553.12	kN

Buckling check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.46)

Table of values		
Nb,Rd	3536.08	kN
unity check	0.00	

LTB check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. and formula EN 1993-1-1 : (6.54)

Table of values		
Mb,Rd	582.89	kNm
Wy	2480.37	cm^3
reduction	1.00	
imperfection	0.76	
reduced slenderness	0.10	
method for LTB curve	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	64230.46	kNm
unity check	0.02	

LTB		
LTB length	4.55	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.04	
C2	0.14	
C3	1.00	

load in center of gravity

Compression and bending check

according to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and

formula EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interaction Method 1

Table of values		
kyy	1.000	
kyz	0.600	
kzy	0.600	
kzz	1.000	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	156.45	cm^2
Wy	2480.37	cm^3
Wz	2480.37	cm^3
NRk	3676.57	kN
My,Rk	582.89	kNm
Mz,Rk	582.89	kNm
My,Ed	12.87	kNm
Mz,Ed	0.35	kNm
Interaction Method 1		
Mcr0	61675.17	kNm
reduced slenderness 0	0.10	
Cmy,0	1.000	
Cmz,0	1.000	
Cmy	1.000	
Cmz	1.000	
CmLT	1.000	
muy	1.000	
muz	1.000	
wy	1.298	
wz	1.298	
npl	0.000	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	1.000	
Cyz	1.000	
Czy	1.000	
Czz	1.000	

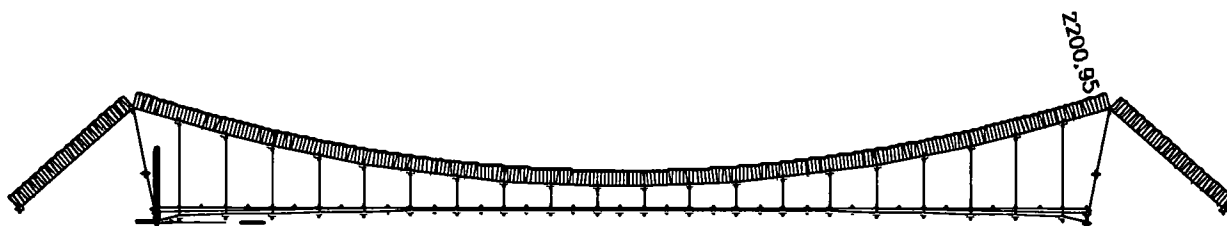
unity check = 0.00 + 0.02 + 0.00 = 0.02

unity check = 0.00 + 0.01 + 0.00 = 0.01

Element satisfies the stability check !

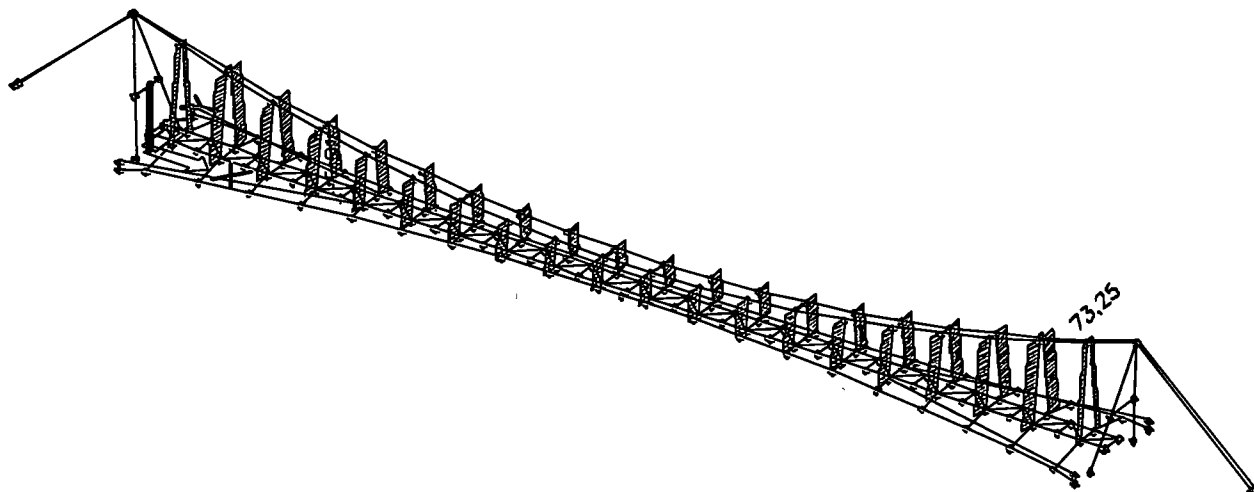
5.6.3. Kontrole vrvi

Glavne vrvi FLC72:



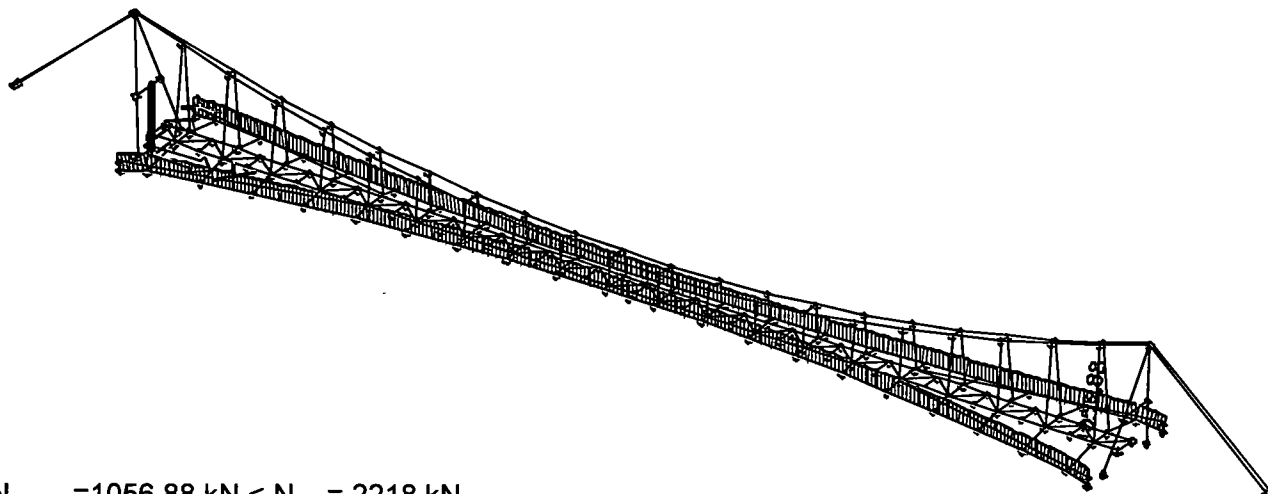
$$N_{\max,Ed} = 2200.95 \text{ kN} < N_{Rd} = 3158 \text{ kN}$$

Vešalke - vrvi FLC16:



$$N_{\max,Ed} = 73.25 \text{ kN} < N_{Rd} = 152 \text{ kN}$$

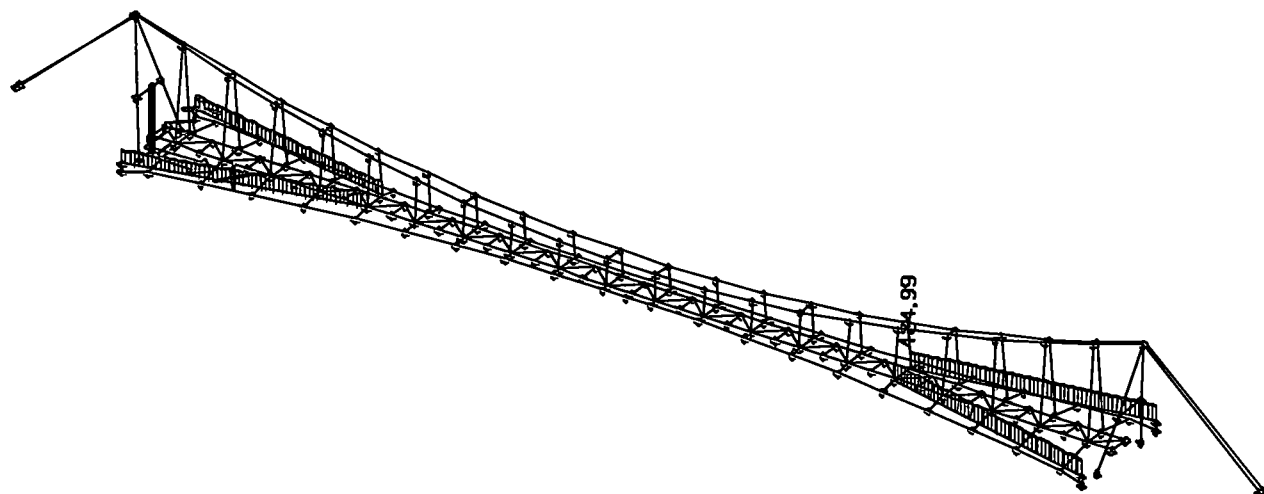
Glavne zavetrovalne parabolične vrvi – FLC60:



$$N_{\max,Ed} = 1056.88 \text{ kN} < N_{Rd} = 2218 \text{ kN}$$

A detailed 3D wireframe model of a suspension bridge, showing the main cables, hangers, deck, and support structures. The bridge is oriented diagonally across the frame, with its two main towers visible at the ends. The model illustrates the complex truss structure of the deck and the suspension system.

Dodatne ravne zavetrovalne – FLC36:



Primerjalna tabela – STATIČNI IZRAČUN – KONTROLNI IZRAČUN

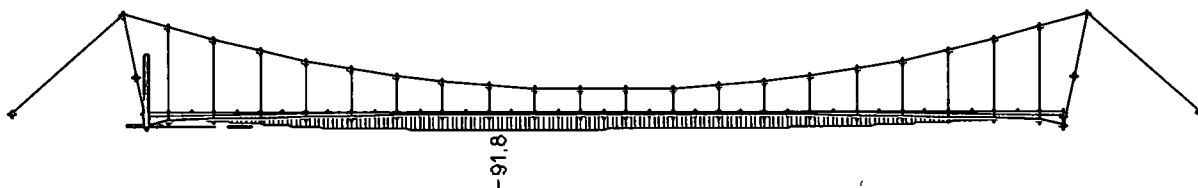
VRV	NOSILNOST VRVI [kN]	SILA V VRVI		RAZLIKA [%]	OPOMBA
		STATIČNI IZRAČUN [kN]	KONTROLNI IZRAČUN [kN]		
Glavne nosilne vrvi FLC72	3158	2377,7	2200,95	-8,03	OK
Vešalke FLC16	152	71,5	73,25	2,39	OK
Parabolične zavetrovalne vrvi FLC60	2218	1284,2	1056,88	-21,51	Razlika zaradi prednapetja
"Vešalke" zavetrovanja OSS12	82	26,65	43,39	38,58	
Dodatne zavetrovalne vrvi FLC36	779	676,95	484,99	-39,58	

Opomba: Pri zavetrovalnih vrveh je prišlo do razlike zaradi razlike v sili prednapetja med statičnim izračunom in kontrolnim izračunom.

Pri kontrolnem izračunu je bilo ugotovljeno, da prednapetje zavetrovanj, ki je simetrično ne bistveno vpliva na odziv konstrukcije - varnost konstrukcije je podobna!

5.6.4. Kontrola povesov

Opomba: Povesi/pomiki so bili v osnovnem statičnem izračunu določeni le pri navidezno stalni kombinaciji vplivov. V omenjeni kombinaciji nastopa, poleg lastne in stalne obteže le še temperaturna obtežba s kombinacijskim faktorjem 0.5!

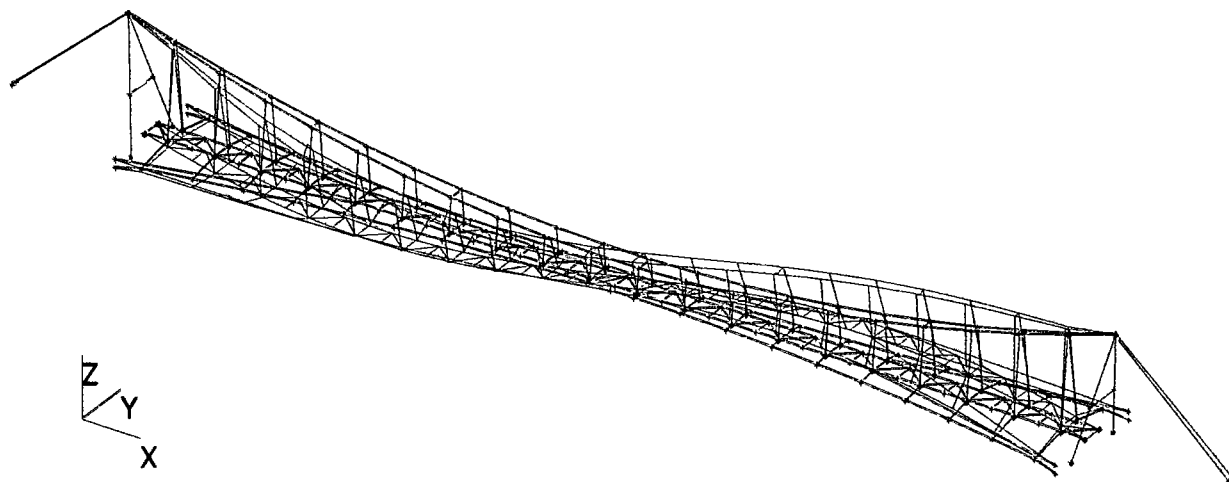


$$u_{\max} = 91.8 \text{ mm} < u_{\text{dov}} = L/300 = 120000/300 = 400 \text{ mm}$$

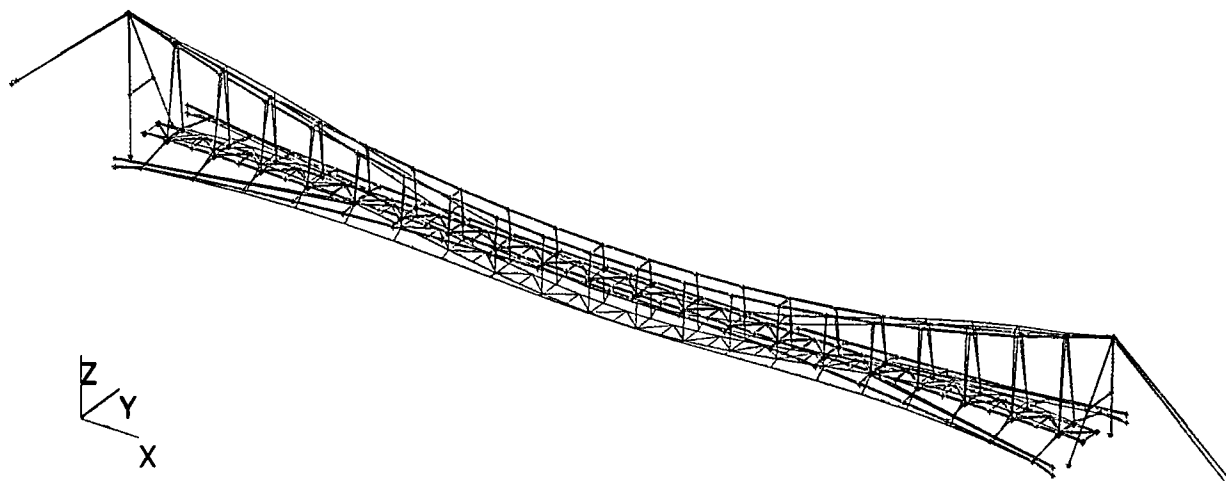
5.6.5. Določitev nihajnih časov in oblik

Zaradi specifičnosti konstrukcije (prednapete vrvi, ki nosijo le v nategu) je nemogoče določiti nihajne čase in oblike s pomočjo klasične modalne analize, ki je linearen račun in ne upošteva nelinearnosti elementov. Vpliv nelinearnosti lahko v modalni analizi delno zajamemo s t.i. »sekvenčno analizo« (SCIA Engineer 15). Program na podlagi ene nelinearne kombinacije določi togost konstrukcije, ki jo potem uporabi pri računu nihajnih časov in oblik.

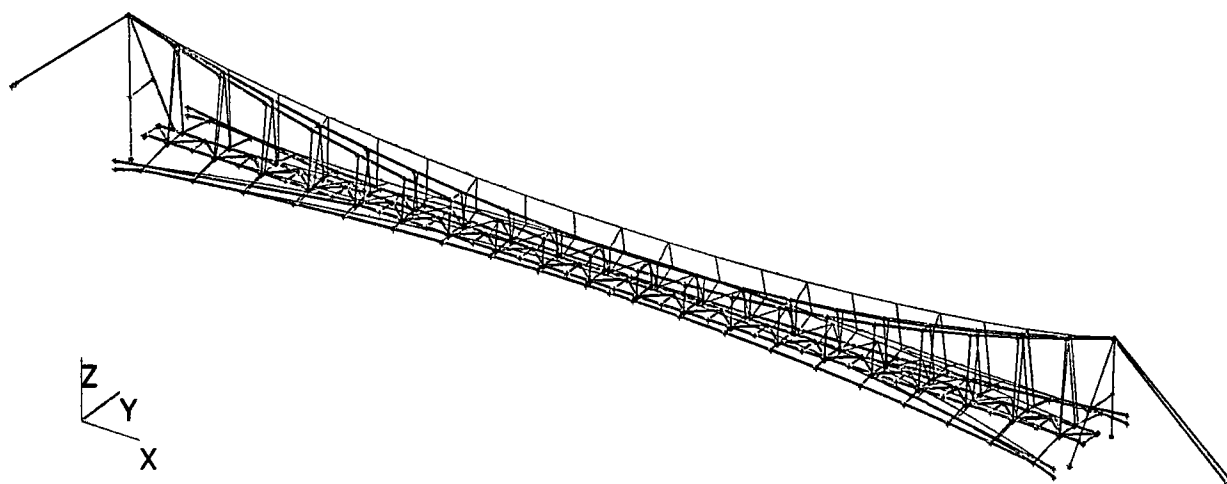
Opomba: Tako kot v statičnem izračunu, smo tudi v kontrolnem izračunu za določitev nihajnih časov in oblik poleg lastne in stalne mase upoštevali še 30% mase prometa-pešcev!



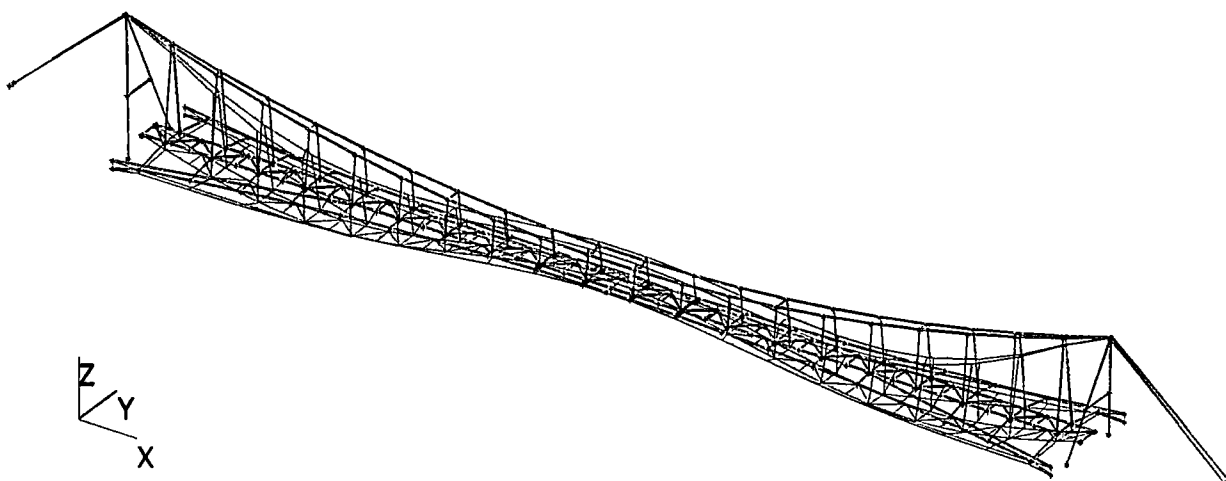
1. nihajna oblika ($T_1=1.9691\text{s}$; frek.=0.5076 Hz)



2. nihajna oblika ($T_2=1.5489\text{s}$; $\text{frek.}=0.6456\text{ Hz}$)



3. nihajna oblika ($T_2=1.3332\text{s}$; $\text{frek.}=0.7501\text{ Hz}$)



4. nihajna oblika ($T_2=1.1631\text{s}$; $\text{frek.}=0.8598\text{ Hz}$)

Solution of Free Vibration

Number of 2D elements	0
Number of 1D elements	3267
Number of mesh nodes	3104
Number of equations	18624
Combination of mass groups	MC 1 CM1
Number of frequencies	40
Method	Lanczos
Initial stress	Individual
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	21.12.2015 22:27
End of calculation	21.12.2015 22:27

Sum of masses

[kg]	X	Y	Z
Combination of mass groups 1	123890.08	123709.26	123709.26

Modal participation factors

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Spectral
1	3.1909	1.9691	0.5079	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.4464	0.0000
2	4.0565	1.5489	0.6456	0.0000	0.0000	0.2622	0.0000	0.0000	0.0000
3	4.7128	1.3332	0.7501	0.0000	0.6430	0.0000	0.0480	0.0000	0.0120
4	5.4022	1.1631	0.8598	0.0001	0.0000	0.5187	0.0000	0.0000	0.0000
5	6.5875	0.9538	1.0484	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0926	0.0000
6	6.8145	0.9220	1.0846	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022
7	7.2616	0.8653	1.1557	0.0000	0.0096	0.0000	0.0920	0.0000	0.0002
8	8.1327	0.7726	1.2944	0.0000	0.0001	0.0000	0.0988	0.0000	0.0068
9	8.8201	0.7124	1.4038	0.0000	0.0000	0.0438	0.0000	0.0000	0.0000
10	9.4818	0.6627	1.5091	0.0000	0.0019	0.0000	0.0008	0.0000	0.3654
11	10.2713	0.6117	1.6347	0.0000	0.0006	0.0000	0.0426	0.0000	0.0025
12	10.8767	0.5777	1.7311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
13	11.1403	0.5640	1.7730	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
14	11.3764	0.5523	1.8106	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0378	0.0000
15	11.7938	0.5328	1.8770	0.0000	0.0001	0.0005	0.0004	0.0001	0.0000
16	12.1870	0.5156	1.9396	0.0000	0.0008	0.0000	0.0055	0.0002	0.0001
17	12.6569	0.4964	2.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001
18	13.2971	0.4725	2.1163	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.0000
19	13.6089	0.4617	2.1659	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0016	0.0001
20	14.4179	0.4358	2.2947	0.0000	0.0000	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000
21	14.9503	0.4203	2.3794	0.0000	0.0154	0.0000	0.0494	0.0000	0.0002
22	16.1522	0.3890	2.5707	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	16.2747	0.3861	2.5902	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000	0.0000
24	16.8475	0.3729	2.6814	0.0000	0.1063	0.0000	0.0200	0.0000	0.0017
25	17.6650	0.3557	2.8115	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	17.8703	0.3516	2.8441	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0208	0.0000
27	18.4005	0.3415	2.9285	0.0000	0.0000	0.0011	0.0029	0.0000	0.0000
28	18.6577	0.3368	2.9695	0.0000	0.0000	0.0004	0.0065	0.0000	0.0000
29	19.2411	0.3266	3.0623	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110
30	19.5219	0.3219	3.1070	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001
31	20.2534	0.3102	3.2234	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	20.4111	0.3078	3.2485	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
33	20.4594	0.3071	3.2562	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011
34	20.4938	0.3066	3.2617	0.0006	0.0000	0.0013	0.0000	0.0035	0.0000
35	20.6356	0.3045	3.2843	0.0000	0.0001	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000
36	21.6915	0.2897	3.4523	0.0001	0.0000	0.0085	0.0000	0.0012	0.0000
37	21.7332	0.2891	3.4589	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	21.7674	0.2887	3.4644	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0025
39	21.8345	0.2878	3.4751	0.0000	0.0001	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000
40	21.8522	0.2875	3.4779	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0021	0.0000
				0.0019	0.7792	0.8510	0.3741	0.6122	0.4063

Z modalno analizo smo določili njihane čase in oblike konstrukcije in zaključimo lahko naslednje:

- Standard SIST EN1991-2 (5.7(2)) navaja vzbujevalne frekvence prometa na mostovih za peščce v vertikalni in horizontalni smeri. V vertikalni smeri so te frekvence med 1 in 3 Hz, v horizontalni pa med 0.5 in 1.5 Hz.
- V pretežno vertikalni (Z) smeri nihata nihajni obliki 2 in 4 s frekvencami 0.6456 Hz oz. 0.8598 Hz. To pomeni, da smo **komaj pod mejo vzbujevalnih frekvenc** v vertikalni smeri (med 1 in 3 Hz).
- V pretežno horizontalni (Y) smeri nihata nihajni obliki 3 in 24 s frekvencami 0.7501 Hz oz. 0.3729 Hz. To pomeni, da konstrukcija s 3. nihajno obliko **pade v območje vzbujevalnih frekvenc** v prečni smeri (med 0.5 in 1.5 Hz), kar lahko pripelje do resonance in morebitnega poškodovanja ali porušitve konstrukcije.

Predlagamo izvedbo ukrepov za znižanje lastnih frekvenc (izboljšati togost konstrukcije).